MTO342E

BULUT FİZİĞİ

SORU-ÇÖZÜM · VİZE II

Ömer Faruk Akıncı

Kullanım: her konu: Ne? · Nerede? · Sınavda yaz → büyük formüller (kutuya bir kez yaz) → sorular.

- 🎯 **S#** sayfasında kutuya kendin çöz → sonraki **✓ Ç#** sayfasında adım adım karşılaştır.
- Sonda: son 30 dakika formül sayfası + sık yapılan hatalar. **Kare kod:** okut / dokun → web'de tam o parça.

MTO342E · Vize II soru-çözüm

Kapsam ve kullanım

📌 Sıradaki sınav ve kapsam

- **Vize I bitti:** nem zinciri ($e_s \rightarrow e \rightarrow T_d \rightarrow$ LCL $\rightarrow \Delta r$), yağışa geçebilir su (dW), gizli ısı, θ ve θe.
- **Sıradaki sınav = Vize II** (tarih Ninova'da henüz yok). Proje Part I teslimi de açık.
- **Neden bu kapsam?** Geçen dönem Lecture 10–11 slaytları (kararlılık, bulut türleri, sis) ikinci vizeye kalmıştı. Dersin ikinci yarısında çözülen örnekler bulut mikrofiziği (Kelvin, Köhler, CCN, difüzyon, buz, radar).
- **Sınav biçimi (Vize I'den):** İngilizce soru, formül kâğıdı verilir, hesap makinesi şart, hesap ağırlıklı.

💎 **ÖZ:** Vize II = Lecture 10–11 (kararlılık, bulutlar, sis) + mikrofizik. θ ve LCL köprü olarak yine lazım.

📌 Konu haritası (genelden özele)

- **K1** θ, T_v, kuru kaldırma ★★
- **K2** Kaldırma kuvveti, kararlılık ★★★
- **K3** Bulut türleri, kaldırma, föhn ★★★
- **K4** Sis, çiy, kırağı ★★★
- **K5** Higroskopiklik ★★
- **K6** Kelvin, Köhler, CCN ★★★
- **K7** Difüzyon, nem akısı, buz ★★
- **K8** Limit hız, radar, yağış ★★

💎 **ÖZ:** ★★★ Ninova slaytında açıkça var · ★★ dersin ikinci yarısında çözülen örnek tipi.

📌 Bu kaynak nasıl kullanılır?

- **Her konu:** önce «Ne? · Nerede? · Sınavda yaz» sayfası, sonra büyük formül sayfaları (altta yazma kutusu + terimler).
- **Her soru iki sayfa:** 🎯 soru sayfası → kutuya kendin çöz. ✓ çözüm sayfası → adım adım karşılaştır.
- **Çözüm dili:** her adımda *neden* o adım, birim, sık hata.
- **Sayılar:** hepsi Python ile yeniden hesaplandı; sabitler ders malzemesindekiler (e_s için 0.611 kPa, 5423 K; buz için 6139 K).
- **Ondalık:** sınav İngilizce olduğu için nokta (2.38 km).

💎 **ÖZ:** Önce kutuya yaz, sonra sayfayı çevir. Çözümü okumak, çözmenin yerini tutmaz.

K1 · θ, T_v, kuru adyabatik kaldırma

📌 K1 · θ ve T_v — Ne? Nerede? Sınavda ne yazılır?

- **Ne? (θ)** Parseli kuru adyabatik olarak 100 kPa'ya indirsen sahip olacağı sıcaklık. Kuru adyabatik süreçte **korunur**.
- **Ne? (T_v)** Nemli havayla aynı yoğunluğa sahip kuru havanın sıcaklığı. Buhar havayı **hafifletir** → $T_v > T$.
- **Nerede?** Kaldırma kuvveti (K2), kararlılık ($d\theta/dz$), Skew-T, kuru adyabatik kaldırma soruları.
- **Sınavda yaz:** T her zaman **Kelvin**; P_0 = 100 kPa; $\Re d/cp$ = 0.28571; r **kg/kg**.
- **Bağ:** θ yükseklikle artıyorsa katman kararlıdır (K2).

💎 **ÖZ:** θ = "yere indirilmiş sıcaklık", T_v = "yoğunluk sıcaklığı". İkisi de Kelvin ister.

📐 Potansiyel sıcaklık θ

$$\theta = T\left(\frac{P_0}{P}\right)^{\Re_d/c_p}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- θ, T: **K** · P: kPa · P_0 = 100 kPa.
- $\Re d/cp$ = 0.28571 (boyutsuz).

💎 **ÖZ:** P < 100 kPa → θ > T. Yükseklik formu: θ ≈ T + Γd·z.

📐 Sanal sıcaklık T_v

$$T_v = T\left(1 + 0.61\,r - r_L - r_I\right)$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- r: buhar · r_L: sıvı · r_I: buz, hepsi **kg/kg**.
- Bulut dışında r_L = r_I = 0 · 0.61 = (1 – ε)/ε.

💎 **ÖZ:** Buhar T_v'yi artırır, bulut suyu azaltır.

📐 θe ve θL (doymuş parsel, yaklaşık)

$$\theta_e \approx \theta + \frac{L_v}{c_p}\,\frac{\theta}{T}\,r_s \qquad \theta_L \approx \theta - \frac{L_v}{c_p}\,\frac{\theta}{T}\,r_L$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- $L_v/c_p \approx 2490$ K · θ/T: ölçek düzeltmesi.
- r_s: doyma karışma oranı · r_L: sıvı su, kg/kg.

💎 **ÖZ:** θe ve θL nemli adyabatta da korunur.

🎯 S1 · θ hesabı ve kararlılık ipucu

tanım

Soru: 80 kPa'da T = 10 °C olan havanın potansiyel sıcaklığı nedir? Yüzeyde (100 kPa) T = 25 °C ise bu iki seviye arasındaki katman kararlı mı?

web'de çöz

θ(80 kPa) · θ(100 kPa) · kıyas

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: θ'ları kıyasla; yukarıdaki θ büyükse katman kararlı.

📋 Ne istiyor? — Soru 1

formül

Ne istiyor? 80 kPa'daki havanın θ'sı ve yüzeyle (100 kPa, 25 °C) kıyasla iki seviye arasındaki katmanın kararlı olup olmadığı.

Soru tipi: Hesap · θ ve kararlılık

animasyon

- *potential temperature* → potansiyel sıcaklık · θ = T(100/P)^0.28571, T Kelvin
- *is the layer statically stable?* → katman statik kararlı mı? · θ yukarı doğru artıyorsa kararlı

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«80 kPa'da T = 10 °C»* → Üst seviyenin basıncı ve sıcaklığı; T Kelvin'e çevrilir. → **T = 283.15 K, P = 80 kPa**
- *«potansiyel sıcaklığı nedir?»* → θ formülü kullanılacak. → **istenen**
- *«Yüzeyde (100 kPa) T = 25 °C»* → P = P_0 olduğundan yüzeyde θ = T. → **P_0 = 100 kPa, 298.15 K**

- *«katman kararlı mı?»* → İki θ kıyaslanıp kararlılık söylenecek. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · θ ve kararlılık

📋 Hangi formül? — Soru 1

Potansiyel sıcaklık — Soru «potansiyel sıcaklık nedir?» diyor; T ve P'den θ'yı veren kalıp bu.

terimler

türetim

$$\theta = T\left(\frac{P_0}{P}\right)^{\mathfrak{R}_d/c_p}$$

θ: potansiyel sıcaklık, K · T: sıcaklık, K (°C değil) · P₀: referans basınç = 100 kPa · ℜd/cp: = 0.28571, boyutsuz

---

💎 **ÖZ:** Formül: Potansiyel sıcaklık

📋 Adım adım — Soru 1

Adımlar — kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **Kelvin** — 10 °C'ye 273.15 ekle. → **T = 283.15 K**
2. **θ üstte** — Formüle T = 283.15 K ve P = 80 kPa koy. → **θ = 301.8 K (28.6 °C)**
3. **θ yüzey** — Yüzeyde P = P_0 olduğu için θ = T; iki θ'yı kıyasla. → **dθ/dz > 0 → kararlı**

1. adım

2. adım

3. adım

⚠️ **Tuzak:** T'yi °C ile koymak ya da T'leri kıyaslamak; kararlılık için θ'lar kıyaslanır.

💎 **ÖZ:** Plan: Kelvin → θ üstte → θ yüzey

✓ Çözüm — Soru 1

sınav cevabı

- **Adım 1 — Kelvin:** T = 10 + 273.15 = 283.15 K (oran formülü °C ile anlamsız).
- **Adım 2 — formül:**

$$\theta = 283.15\left(\frac{100}{80}\right)^{0.28571} = 301.8\ \mathrm{K}\ (28.6\ ^\circ\mathrm{C})$$

- **Adım 3 — yüzey:** P = P₀ → θ = T = 298.15 K. 301.8 > 298.2 → θ yukarı doğru **artıyor** → **kararlı**.
- ⚠ **Sık hata:** °C ile oran almak sonucu tamamen bozar.
- **Sınavda yaz:** "dθ/dz > 0 → statically stable."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** dθ/dz > 0 kararlı, = 0 nötr, < 0 kararsız.

🎯 S2 · Sanal sıcaklık: nemli hava ve bulut

tanım

Soru: (a) T = 25 °C, r = 12 g/kg olan havanın T_v'si? (b) Bulut içinde T = 10 °C, r_s = 7.7 g/kg, r_L = 2 g/kg ise T_v? Hangisinde düzeltme daha büyük, neden?

web'de çöz

(a) T_v · (b) T_v · fark ve yorum

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: g/kg'ı 1000'e böl; bulutta r_L'yi çıkarmayı unutma.

📋 Ne istiyor? — Soru 2

formül

Ne istiyor? (a) nemli havanın, (b) bulut içindeki havanın T_v'si ve hangisinde T_v – T düzeltmesinin daha büyük olduğu, nedeniyle.

Soru tipi: Hesap · sanal sıcaklık T_v

animasyon

- *virtual temperature* → sanal sıcaklık · T_v = T(1 + 0.61r – r_L)
- *liquid-water loading* → sıvı su yükü · r_L çıkarılır; havayı ağırlaştırır

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«T = 25 °C, r = 12 g/kg»* → Bulut dışı hava; r kg/kg'a çevrilir. → **r = 0.012 kg/kg, T = 298.15 K**
- *«Bulut içinde T = 10 °C»* → Bulutta sıvı su da hesaba girer. → **T_v = T = 283.15 K**
- *«r_s = 7.7 g/kg»* → Bulut doymuş, buhar oranı r_s. → **r = 0.0077 kg/kg**
- *«r_L = 2 g/kg»* → Sıvı su havayı ağırlaştırır, düşülür. → **r_L = 0.002 kg/kg**

- *«Hangisinde düzeltme daha büyük»* → $T_v - T$ farkları kıyaslanacak. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · sanal sıcaklık T_v

📋 Hangi formül? — Soru 2

Sanal sıcaklık — Soru nemli ve bulutlu havanın T_v'sini istiyor; buhar ve sıvı su etkisini birlikte veren kalıp bu.

terimler

türetim

$$T_v = T\left(1 + 0.61\,r - r_L - r_I\right)$$

T_v: sanal sıcaklık, K · r: buhar karışma oranı, kg/kg · r_L: sıvı su, kg/kg · r_I: buz, kg/kg (burada 0)

💎 **ÖZ:** Formül: Sanal sıcaklık

📋 Adım adım — Soru 2 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) birim** — T'yi Kelvin'e, r'yi kg/kg'a çevir. → **T = 298.15 K · r = 0.012**
2. **(a) T_v** — Formüle koy; bulut dışında r_L = 0. → **T_v = 300.33 K (+2.2 K)**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 2 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) T_v** — T = 283.15 K, r = 0.0077, r_L = 0.002 koy. → **T_v = 283.91 K (+0.8 K)**
4. **yorum** — İki düzeltmeyi kıyasla. → **(a)'da düzeltme büyük**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** g/kg'ı 1000'e bölmemek ya da bulutta r_L'yi çıkarmayı unutmak.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) birim → (a) T_v → (b) T_v → yorum

✓ Çözüm — Soru 2

sınav cevabı

- **(a) Kelvin + kg/kg:** T = 298.15 K, r = 0.012.

$$T_v = 298.15\,(1 + 0.61 \times 0.012) = 300.33\ \mathrm{K}$$

- Düzeltme **+2.2 K**: nemli hava kuru havadan hafiftir.
- **(b)** T = 283.15 K:

$$T_v = 283.15\,(1 + 0.61 \times 0.0077 - 0.002) = 283.91\ \mathrm{K}$$

- Düzeltme yalnız **+0.8 K**: bulut suyu (r_L) yükü buharın etkisini kısmen siler.
- ⚠ **Sık hata:** 12 g/kg'ı 12 almak → T_v ≈ 2500 K gibi saçma sonuç.
- **Sınavda yaz:** "vapor makes air lighter; liquid water loading makes it heavier."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Sıcak ve nemli havada T_v – T birkaç K olur; kaldırma kuvvetinde bu fark önemlidir.

🎯 S3 · Kuru adyabatik kaldırma

tanım

Soru: 95 kPa'da T = 20 °C, T_d = 5 °C olan parsel 80 kPa'ya kaldırılıyor. Yeni sıcaklığı nedir? Parsel bu sırada doyar mı?

web'de çöz

θ → T(80 kPa) → doyma kontrolü

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: doymamış parselde θ sabit; karışma oranı r de sabit.

📋 Ne istiyor? — Soru 3

formül

Ne istiyor? 95 kPa'dan 80 kPa'ya kaldırılan parselin yeni sıcaklığı ve bu sırada doyup doymadığı.

Soru tipi: Hesap · kuru adyabatik kaldırma

animasyon

- *lifted dry-adiabatically* → kuru adyabatik kaldırılan · θ sabit; T = θ(P/100)^0.28571
- *does the parcel become saturated?* → parsel doyar mı? · r sabit → e ile e_s(T) kıyası

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«95 kPa'da T = 20 °C»* → Başlangıç basıncı ve sıcaklığı; θ buradan bulunur. → **T = 293.15 K, P = 95 kPa**
- *«T_d = 5 °C»* → Çiğ noktası, buhar basıncını verir. → **e_s = T_d = 278.15 K**
- *«80 kPa'ya kaldırılıyor»* → Kuru adyabatik kaldırma; θ korunur. → **P_0 = P = 80 kPa**
- *«Yeni sıcaklığı nedir?»* → 80 kPa'daki T istenir. → **istenen**

- *«Parsel bu sırada doyar mı?»* → e ile $e_s(T)$ kıyaslanacak. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · kuru adyabatik kaldırma

📋 Hangi formül? — Soru 3 (1/2)

Potansiyel sıcaklık — Kuru adyabatik süreçte θ korunur; önce θ'yı bul, sonra aynı formülü 80 kPa için ters çöz.

terimler

türetim

$$\theta = T\left(\frac{P_0}{P}\right)^{\mathfrak{R}_d/c_p}$$

θ: potansiyel sıcaklık, K · T: sıcaklık, K (°C değil) · P₀: referans basınç = 100 kPa · ℜd/cp: = 0.28571, boyutsuz

---

💎 **ÖZ:** Potansiyel sıcaklık

📋 Hangi formül? — Soru 3 (2/2)

Doyma buhar basıncı (su) — Doyma kontrolü için 80 kPa'daki e, yeni sıcaklıktaki e_s ile kıyaslanır.

$$e_s = 0.611 \exp\left[5423 \left(\frac{1}{273.15} - \frac{1}{T}\right)\right]$$

e_s: doyma buhar basıncı, kPa · T: sıcaklık, K · 5423 K: L/$\Re_v$, su üzerinde

---

💎 **ÖZ:** Doyma buhar basıncı (su)

📋 Adım adım — Soru 3 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **θ** — 95 kPa ve 293.15 K ile θ'yı bul. → **θ = 297.5 K**
2. **T(80 kPa)** — Aynı θ ile formülü 80 kPa için ters çöz. → **T = 279.1 K = 6.0 °C**
3. **r ve e** — T_d'den e ve r'yi bul; r'yi sabit tutup 80 kPa'daki e'yi hesapla. → **e = 0.735 kPa**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 3 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **doyma** — e'yi e_s(6 °C) ile kıyasla. → **RH ≈ %79 → doymaz**
5. **kontrol** — Kalınlık ile Γd'den soğumayı karşılaştır. → **≈ 14 K soğuma ✓**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** Doyma kontrolü yapmadan kuru adyabatı uzatmak; r sabit kalır ama e basınçla düşer.

💎 **ÖZ:** Plan: θ → T(80 kPa) → r ve e → doyma → kontrol

✓ Çözüm — Soru 3

sınav cevabı

- **Adım 1 — θ (korunur):**

$$\theta = 293.15\left(\frac{100}{95}\right)^{0.28571} = 297.5\ \mathrm{K}$$

- **Adım 2 — 80 kPa'da T:**

$$T = 297.5\left(\frac{80}{100}\right)^{0.28571} = 279.1\ \mathrm{K} = 6.0\ ^\circ\mathrm{C}$$

- **Adım 3 — doyma kontrolü:** r = 5.77 g/kg sabit → 80 kPa'da e = 0.735 kPa; e_s(6 °C) = 0.933 kPa → RH ≈ %79 → **doymaz**, kuru adyabat geçerli.
- **Çapraz kontrol:** 95→80 kPa kalınlığı ≈ 1440 m; 9.8 K/km × 1.44 km ≈ 14.1 K soğuma ✓.

adım adım

💎 **ÖZ:** Kuru adyabat yalnız RH < %100 iken geçerli; her kaldırmada doyma kontrolü yap.

🎯 S4 · θe ve θL (örnek soru)

tanım

Soru: 80 kPa ve 0 °C'deki hava doymuş ve 2 g/kg sıvı su taşıyor. θ, θe ve θL'yi bulun.

web'de çöz

θ → r_s → katsayı $(L_v/cp)(\theta/T)$ → θe, θL

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: önce θ; katsayı ≈ 2650 K çıkmalı.

📋 Ne istiyor? — Soru 4

formül

Ne istiyor? 80 kPa, 0 °C'de doymuş ve 2 g/kg sıvı su taşıyan havanın θ, θe ve θL değerleri.

Soru tipi: Hesap · θ, θe ve θL

animasyon

- *equivalent potential temperature* → eşdeğer potansiyel sıcaklık · $\theta e \approx \theta + (L_v/cp)(\theta/T)r_s$
- *liquid-water potential temperature* → sıvı su potansiyel sıcaklığı · $\theta L \approx \theta - (L_v/cp)(\theta/T)r_L$

💎 **ÖZ:** Hesap · θ, θe ve θL

📋 Verilenler — Soru 4

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«80 kPa ve 0 °C'deki hava»* → P ve T verildi; T = 273.15 K. → **θ/T = 273.15 K, 80 kPa**
- *«doymuş»* → Buhar oranı doyma oranına eşit. → **r_s = 4.79 g/kg**
- *«2 g/kg sıvı su taşıyor»* → θL için sıvı su miktarı. → **r_L = 0.002 kg/kg**
- *«θ, θe ve θL'yi bulun»* → Üç sıcaklık istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 4 (1/2)

θe ve θL (yaklaşık) — Soru doymuş ve su taşıyan parselin θe ve θL'sini istiyor; θ'ya buhar katkısı eklenir, sıvı katkısı çıkarılır.

terimler

türetim

$$\theta_e \approx \theta + \frac{L_v}{c_p}\,\frac{\theta}{T}\,r_s \qquad \theta_L \approx \theta - \frac{L_v}{c_p}\,\frac{\theta}{T}\,r_L$$

L_v/cp: ≈ 2490 K · θ/T: ölçek düzeltmesi · r_s: doyma karışma oranı, kg/kg · r_L: sıvı su, kg/kg

---

💎 **ÖZ:** θe ve θL (yaklaşık)

📋 Hangi formül? — Soru 4 (2/2)

Doyma karışma oranı — Hava doymuş; θe'deki buhar miktarı r_s ile bulunur.

$$r_s = \frac{\varepsilon\, e_s}{P - e_s}$$

r_s: doyma karışma oranı, kg/kg · ε: = 0.622 · e_s, P: kPa

💎 **ÖZ:** Doyma karışma oranı

📋 Adım adım — Soru 4 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **θ** — 273.15 K ve 80 kPa ile θ'yı bul. → **θ = 291.1 K (18.0 °C)**
2. **r_s** — e_s(0 °C) = 0.611 kPa ile doyma karışma oranını bul. → **r_s = 4.79 g/kg**
3. **katsayı** — L_v/cp'yi θ/T ile çarp. → **≈ 2654 K**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 4 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **θe** — Katsayı × r_s'yi θ'ya ekle. → **θe = 303.8 K (30.7 °C)**
5. **θL** — Katsayı × r_L'yi θ'dan çıkar. → **θL = 285.8 K (12.7 °C)**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** r_s ve r_L'yi g/kg bırakmak ya da θ/T çarpanını atlamak.

💎 **ÖZ:** Plan: θ → r_s → katsayı → θe → θL

✓ Çözüm — Soru 4

sınav cevabı

- **θ:** 273.15 × (100/80)^0.28571 = **291.1 K (18.0 °C)**.
- **r_s:** e_s(0 °C) = 0.611 kPa → r_s = 0.622 × 0.611 / (80 – 0.611) = **4.79 g/kg**.
- **Katsayı:** (2490 K)(291.1/273.15) ≈ **2654 K**.

$$\theta_e \approx 291.1 + 2654 \times 0.00479 = 303.8\ \mathrm{K}\ (30.7\ ^\circ\mathrm{C})$$

$$\theta_L \approx 291.1 - 2654 \times 0.002 = 285.8\ \mathrm{K}\ (12.7\ ^\circ\mathrm{C})$$

- **Yorum:** θL < θ < θe her zaman. Katsayı 2630 K alınır; sonuç aynı (12.7 °C).

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** θe = θ + buhar katkısı; θL = θ – sıvı katkısı. r_s ve r_L kg/kg.

GB K1 · Bölüm terimleri (1/2)

- **potential temperature** (n) potansiyel sıcaklık — *θ is conserved.*
- **virtual temperature** (n) sanal sıcaklık — *Moist air has a higher Tv.*
- **adiabatic** (adj) ısı alışverişsiz — *an adiabatic ascent*
- **conserved variable** (n) korunan değişken

💎 **ÖZ:** potential = "yere indirilse olacak" · virtual = "yoğunluk eşdeğeri".

GB K1 · Bölüm terimleri (2/2)

- **reference pressure** (n) referans basınç — P_0 = 100 *kPa*
- **liquid-water loading** (n) sıvı su yükü — *Loading reduces buoyancy.*
- **dry adiabat** (n) kuru adyabat — *follow the dry adiabat*
- **equivalent potential temperature** (n) eşdeğer potansiyel sıcaklık

*Parsel **kuru adyabatik** kaldırılır, bu yüzden θ **korunur**.*

The parcel is lifted **dry-adiabatically**, so θ is **conserved**.

💎 **ÖZ:** Kalıp cümle: "..., so θ is conserved."

K2 · Kaldırma kuvveti ve kararlılık

📌 K2 · Kararlılık — Ne? Nerede? Sınavda ne yazılır?

- **Ne?** Yukarı itilen parsel geri mi döner (**kararlı**), hızlanarak uzaklaşır mı (**kararsız**), olduğu yerde mi kalır (**nötr**)?
- **Neden?** Kaldırma kuvveti: parsel çevreden **sıcak (hafif)** ise yukarı, **soğuk (ağır)** ise aşağı ivmelenir.
- **Nerede?** Bulut biçimi: düz bulut = kararlı, kabarık bulut = kararsız. Sis, kirlilik, Cb tepesi.
- **Sınavda yaz:** Γ < Γs **mutlak kararlı** · Γs < Γ < Γd **koşullu kararsız** · Γ > Γd **mutlak kararsız**.

💎 **ÖZ:** Kararlılık = çevre eğrisi (Γ) ile parsel süreçlerinin (Γd, Γs) kıyası.

📐 Kaldırma kuvveti F/m

$$\frac{F}{m} = |g| \, \frac{T_{v,p} - T_{v,e}}{T_{v,e}}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- T_v,p / T_v,e: parsel / çevre, **K**.
- |g| = 9.8 m s^{-2} · sonuç + ise yukarı ivme.

💎 **ÖZ:** Slaytta g = −9.8 alınırsa pay ters yazılır; sonuç aynı.

📐 Azalma oranı ve ölçüt

$$\Gamma = -\frac{\Delta T}{\Delta z}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- Γ: çevrenin ölçülen azalma oranı, K/km.
- Γd = 9.8 K/km · Γs ≈ 4–7 K/km (sıcak havada küçük).

💎 **ÖZ:** Γ < 0 ise sıcaklık yukarı doğru artıyor = terselme (inversion), çok kararlı.

📐 CAPE ve en büyük düşey hız

$$\mathrm{CAPE} \approx |g| \sum \frac{T_{v,p} - T_{v,e}}{T_{v,e}} \, \Delta z$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- Toplam LFC'den denge seviyesine (EL) kadar · birim J/kg.
- w_max ≈ √(2·CAPE) · negatif kısım = CIN.

💎 **ÖZ:** CAPE = kaldırma kuvvetinin yükseklik boyunca toplamı.

🎯 S5 · Kaldırma kuvveti (örnek soru)

tanım

Soru: (a) Parsel T = 20 °C, çevre T = 15 °C (kuru hava). F/m kaç? (b) Parselin r = 15 g/kg, çevrenin r = 8 g/kg ise sonuç nasıl değişir?

web'de çöz

Kelvin → (T_v) → F/m → yön

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: kuru havada $T_v = T$; nemli havada önce T_v.

📋 Ne istiyor? — Soru 5

formül

Ne istiyor? (a) kuru parsel ile çevre arasındaki kaldırma kuvveti F/m, (b) ikisi de nemliyken (T_v ile) sonucun nasıl değiştiği.

Soru tipi: Hesap · kaldırma kuvveti F/m

animasyon

- *buoyant force per unit mass* → birim kütle başına kaldırma kuvveti · $F/m = |g|(T_{v,p} - T_{v,e})/T_{v,e}$
- *accelerates upward* → yukarı ivmelenir · $F/m > 0$ → parsel çevreden hafif

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Parsel T = 20 °C»* → Parsel sıcaklığı; kuru havada $T_v = T$. → **$T_{v,p}$ = 293.15 K**
- *«çevre T = 15 °C (kuru hava)»* → Çevre sıcaklığı, nem yok. → **$T_{v,e}$ = 288.15 K**
- *«F/m kaç?»* → Birim kütleye kaldırma kuvveti istenir. → **istenen**
- *«Parselin r = 15 g/kg»* → Parselin T_v'si artar. → **r = 0.015 kg/kg**

- *«çevrenin r = 8 g/kg»* → Çevrenin T_v'si de biraz artar. → **r = 0.008 kg/kg**

💎 **ÖZ:** Hesap · kaldırma kuvveti F/m

📋 Hangi formül? — Soru 5 (1/2)

Kaldırma kuvveti — Soru parselin itilme kuvvetini istiyor; parsel-çevre yoğunluk farkını T_v farkıyla veren kalıp bu.

terimler

türetim

$$\frac{F}{m} = |g| \, \frac{T_{v,p} - T_{v,e}}{T_{v,e}}$$

F/m: ivme, m s^{-2}; + ise yukarı · |g|: = 9.8 m s^{-2} · T_v,p: parselin sanal sıcaklığı, K · T_v,e: çevrenin sanal sıcaklığı, K

💎 **ÖZ:** Kaldırma kuvveti

📋 Hangi formül? — Soru 5 (2/2)

Sanal sıcaklık — (b) şıkkında iki havanın nemi farklı; yoğunluğu T_v belirler.

$$T_v = T\,(1 + 0.61\,r)$$

T_v: sanal sıcaklık, K · r: buhar karışma oranı, kg/kg

💎 **ÖZ:** Sanal sıcaklık

📋 Adım adım — Soru 5 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **Kelvin** — İki sıcaklığı Kelvin'e çevir. → **293.15 K ve 288.15 K**
2. **(a) F/m** — Kuru havada $T_v = T$; formüle koy. → **F/m = 0.17 m s⁻²**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 5 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) T_v** — İki havanın T_v'sini kendi r'siyle bul.
   → **295.83 K ve 289.56 K**
4. **(b) F/m** — T_v'leri formüle koy, (a) ile kıyasla.
   → **F/m = 0.21 m s⁻² (%25 artış)**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Paydaya °C (15) ya da parselin T_v'sini koymak; payda her zaman çevrenin Kelvin T_v'si.

💎 **ÖZ:** Plan: Kelvin → (a) F/m → (b) T_v → (b) F/m

✓ Çözüm — Soru 5

sınav cevabı

- **(a)** Kelvin: Tp = 293.15 K, Te = 288.15 K.

$$\frac{F}{m} = 9.8 \times \frac{293.15 - 288.15}{288.15} = 0.17\ \mathrm{m\ s^{-2}}$$

- **(b)** $T_{v,p}$ = 293.15(1 + 0.61·0.015) = 295.83 K · $T_{v,e}$ = 288.15(1 + 0.61·0.008) = 289.56 K → F/m = **0.21 m s⁻²**.
- **Yorum:** + → yukarı. Nem parseli daha da hafifletti (%25 artış).
- ⚠ **Sık hata:** paydaya °C (15) koymak → 3.3 m s^{-2}, 20 kat büyük.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Payda her zaman çevrenin Kelvin sıcaklığı.

🎯 S6 · Katmanı sınıflandır

tanım

Soru: Γs = 6 K/km alın. Çevre azalma oranları (a) 4 K/km, (b) 7 K/km, (c) 11 K/km, (d) −3 K/km olan katmanların kararlılığı nedir? Hangisinde kendiliğinden konveksiyon olur?

web'de çöz

her biri için Γ'yı Γs = 6 ve Γd = 9.8 ile kıyasla

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: sayı doğrusuna 6 ve 9.8'i koy.

📋 Ne istiyor? — Soru 6

formül

Ne istiyor? Γ = 4, 7, 11 ve −3 K/km olan katmanların kararlılık sınıfı ve hangisinde kendiliğinden konveksiyon olacağı.

Soru tipi: Sınıflama · kararlılık (Γ ile)

animasyon

- *conditionally unstable* → koşullu kararsız · Γs < Γ < Γd
- *environmental lapse rate* → çevre azalma oranı · Γ; Γs = 6 ve Γd = 9.8 ile kıyasla

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Γs = 6 K/km alın»* → Doymuş adyabatik eşik. → **koşul = 6 K/km**
- *«(a) 4 K/km»* → Γ < Γs. → **koşul = 4 K/km**
- *«(b) 7 K/km»* → Γs ile Γd arasında. → **koşul = 7 K/km**
- *«(c) 11 K/km»* → Γd'den büyük. → **koşul = 11 K/km**
- *«(d) −3 K/km»* → Sıcaklık yukarı artıyor: terselme. → **koşul = −3 K/km**

- *«kendiliğinden konveksiyon olur?»* → Mutlak kararsız katman aranıyor. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Sınıflama · kararlılık (Γ ile)

📋 Hangi formül? — Soru 6

Kullanılacak bilgi: Γ < Γs mutlak kararlı · Γs < Γ < Γd koşullu kararsız · Γ > Γd mutlak kararsız · Γ < 0 terselme (en kararlı).

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Γ < Γs mutlak kararlı · Γs < Γ < Γd koşullu kararsız · Γ > Γ

📋 Adım adım — Soru 6 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **eşikler** — Γs = 6 ve Γd = 9.8'i bir sayı doğrusuna koy. → **<0 · 0–6 · 6–9.8 · >9.8**
2. **(a) 4** — 4 < 6 → mutlak kararlı. → **mutlak kararlı**
3. **(b) 7** — 6 < 7 < 9.8 → koşullu kararsız. → **koşullu kararsız**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–6).

📋 Adım adım — Soru 6 (4–6)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **(c) 11** — 11 > 9.8 → mutlak kararsız (süperadyabatik). → **mutlak kararsız**
5. **(d) −3** — Γ < 0 → sıcaklık yukarı doğru artıyor. → **terselme, en kararlı**
6. **hangisi?** — Kendiliğinden konveksiyonu seç. → **(c); (b) zorlanırsa**

4. adım

5. adım

6. adım

⚠️ **Tuzak:** Koşullu kararsızı «kararsız» yazmak; koşul = parselin doyması, (b) zorlanmadan konveksiyon yapmaz.

💎 **ÖZ:** Plan: eşikler → (a) 4 → (b) 7 → (c) 11 → (d) −3 → hangisi?

✓ Çözüm — Soru 6

sınav cevabı

- **(a) 4 < 6: mutlak kararlı** — doymuş parsel bile geri döner.
- **(b) 6 < 7 < 9.8: koşullu kararsız** — doymamışken kararlı, doyunca kararsız.
- **(c) 11 > 9.8: mutlak kararsız** (süperadyabatik) — yüzey ısınmasında, öğleden sonra yerde.
- **(d) –3:** sıcaklık yukarı doğru artıyor → **terselme**, en kararlı durum.
- **Kendiliğinden konveksiyon:** yalnız (c)'de hemen; (b)'de ancak parsel LFC'ye kadar zorlanırsa.
- **Sınavda yaz:** "conditionally unstable: Γs < Γ < Γd".

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Koşul = "doyarsa". Koşullu kararsız katmanda bulut kabarık gelişir.

🎯 S7 · Sondaj tablosu yorumu

tanım

Soru: Bir sondaj: 0 km 24 °C · 1 km 14 °C · 2 km 7 °C · 3 km 9 °C · 4 km 3 °C. Her katmanın Γ'sını bulup sınıflandırın (Γs = 6 K/km). Öğlen yükselen termikler nerede durur?

web'de çöz

4 katman için Γ = −ΔT/Δz → sınıf → termik tavanı

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: ΔT negatifse Γ pozitif çıkar; 2–3 km'ye dikkat.

📋 Ne istiyor? — Soru 7

formül

Ne istiyor? Beş seviyelik sondajda her katmanın Γ'sı, kararlılık sınıfı ve öğlen termiklerinin hangi seviyede durduğu.

Soru tipi: Hesap · sondaj katmanları

animasyon

- *sounding* → sondaj (radyosonde profili) · katman katman $\Gamma = -\Delta T/\Delta z$
- *where do the thermals stop?* → termikler nerede durur? · ilk terselmenin tabanında

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«0 km 24 °C · 1 km 14 °C»* → İlk katmanda 10 K soğuma. → **$\Delta T = -10$ K, $\Delta z = 1$ km**
- *«2 km 7 °C · 3 km 9 °C»* → Sıcaklık yukarı artıyor: terselme. → **$\Delta T = +2$ K**
- *«Γs = 6 K/km»* → Sınıflandırma eşiği. → **koşul = 6 K/km**
- *«Her katmanın Γ'sını bulup sınıflandırın»* → Her 1 km için Γ hesaplanacak. → **Γ**

- *«termikler nerede durur?»* → Kararlı tavan aranıyor.
  → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · sondaj katmanları

📋 Hangi formül? — Soru 7

Azalma oranı — Soru sondajdan her katmanın Γ'sını istiyor; iki seviye arasındaki sıcaklık düşüşünü veren tanım bu.

terimler

türetim

$$\Gamma = -\frac{\Delta T}{\Delta z}$$

Γ: çevre azalma oranı, K/km · ΔT: üst – alt sıcaklık, K · Δz: katman kalınlığı, km

---

💎 **ÖZ:** Formül: Azalma oranı

📋 Adım adım — Soru 7 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **0–1 km** — ΔT = −10 K, Δz = 1 km. → **10 > 9.8 → mutlak kararsız**
2. **1–2 km** — ΔT = −7 K. → **koşullu kararsız**
3. **2–3 km** — ΔT = +2 K; sıcaklık yukarı doğru artıyor. → **terselme, çok kararlı**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 7 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **3–4 km** — ΔT = −6 K. → **doymuşa nötr, kuruya kararlı**
5. **tavan** — Termiklerin durduğu yeri bul. → **termik tavanı ≈ 2 km**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** ΔT negatifken Γ'yı negatif yazmak; sıcaklık yukarı doğru düşüyorsa Γ pozitiftir.

💎 **ÖZ:** Plan: 0–1 km → 1–2 km → 2–3 km → 3–4 km → tavan

✓ Çözüm — Soru 7

sınav cevabı

- **0–1 km:** Γ = 10 K/km > 9.8 → **mutlak kararsız** (yüzey ısınmış).
- **1–2 km:** Γ = 7 K/km → **koşullu kararsız**.
- **2–3 km:** Γ = −2 K/km → **terselme**, çok kararlı.
- **3–4 km:** Γ = 6 K/km = Γs → doymuş parsel için nötr, kuru parsel için kararlı.
- **Termik tavanı ≈ 2 km:** terselme düşey hareketi keser → Cu tepeleri düzleşir, duman ve kirlilik altında birikir.
- ⚠ **Sık hata:** Γ'nın işaretini ters almak (ΔT = −10 → Γ = +10).

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Terselme = kapak. Altı karışır, üstüne geçilmez.

🎯 S8 · LCL ve LFC (koşullu kararsızlık)

tanım

Soru: Yüzeyde T = 30 °C, T_d = 20 °C. Çevre her yerde Γ = 8 K/km, doymuş parsel Γs = 6 K/km ile soğuyor. LCL yüksekliği, LCL'de parsel ve çevre sıcaklığı ve LFC kaç km?

web'de çöz

zLCL → T(LCL) parsel/çevre → aradaki fark nerede kapanır?

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: LCL'nin üstünde fark her km'de (8 – 6) = 2 K kapanır.

📋 Ne istiyor? — Soru 8

formül

Ne istiyor? T = 30 °C, T_d = 20 °C yüzey havası için LCL yüksekliği, LCL'de parsel ve çevre sıcaklığı ve LFC yüksekliği.

Soru tipi: Hesap · LCL ve LFC

animasyon

- *lifting condensation level (LCL)* → kaldırma yoğuşma seviyesi · z_LCL = 0.125(T − T_d), km
- *level of free convection (LFC)* → serbest konveksiyon seviyesi · parsel = çevre sıcaklığı olan yer

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Yüzeyde T = 30 °C»* → Yüzey sıcaklığı. → **T − T_d = 30 °C**
- *«T_d = 20 °C»* → Çiğ noktası; açık 10 K. → **T − T_d = 10 K**
- *«Çevre her yerde Γ = 8 K/km»* → Çevre sıcaklık profili. → **Γ − Γs = 8 K/km**
- *«Γs = 6 K/km ile soğuyor»* → LCL üstünde parsel bu oranla soğur. → **Γ − Γs = 6 K/km**

- *«LCL yüksekliği»* → Taban yüksekliği istenir. → **istenen**
- *«LFC kaç km?»* → Parselin çevreyi yakaladığı seviye. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · LCL ve LFC

📋 Hangi formül? — Soru 8 (1/2)

LCL (bulut tabanı) yüksekliği — Soru LCL'yi istiyor; yüzey T ve T_d'den doyma seviyesini veren kısa kalıp bu.

terimler

türetim

$$z_{LCL} = 0.125\,(T - T_d)$$

z_LCL: LCL yüksekliği, km · T – T_d: çiğ noktası açığı, K · 0.125: km/K

💎 **ÖZ:** LCL (bulut tabanı) yüksekliği

📋 Hangi formül? — Soru 8 (2/2)

LFC'ye kalan yükseklik — LCL'de parsel soğuk; aradaki farkın her km'de (Γ – Γs) kadar kapandığı yer LFC.

$$\Delta z = \frac{T_e - T_p}{\Gamma - \Gamma_s}$$

T_e – T_p: LCL'de çevre – parsel, K · Γ – Γs: farkın kapanma hızı, K/km

---

💎 **ÖZ:** LFC'ye kalan yükseklik

📋 Adım adım — Soru 8 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **LCL** — Çiğ noktası açığını 0.125 ile çarp. → **z_LCL = 1.25 km**
2. **LCL'de T** — Parseli 9.8, çevreyi 8 K/km ile soğut. → **parsel 2.25 K soğuk**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 8 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **kapanma** — LCL üstünde parsel 6, çevre 8 K/km soğur; fark 2 K/km kapanır. → **Δz = 1.125 km**

3. adım

4. **LFC** — Δz'yi LCL'ye ekle; sıcaklığı kontrol et. → **z_LFC = 2.38 km · 11 °C**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** LCL üstünde de 9.8 K/km kullanmak; doymuş parsel Γs ile soğur.

💎 **ÖZ:** Plan: LCL → LCL'de T → kapanma → LFC

✓ Çözüm — Soru 8

sınav cevabı

$$z_{LCL} = 0.125\,(T - T_d) = 0.125 \times 10 = 1.25\ \text{km}$$

- **LCL'de parsel:** 30 − 9.8×1.25 = **17.75 °C** · **çevre:** 30 − 8×1.25 = **20.0 °C** → parsel 2.25 K soğuk → itilmezse geri döner (CIN bölgesi).
- **LCL'nin üstü:** parsel 6, çevre 8 K/km soğuyor → fark 2 K/km kapanır:

$$\Delta z = \frac{2.25}{8 - 6} = 1.125\ \text{km} \Rightarrow z_{LFC} = 2.38\ \text{km}$$

- LFC'de ikisi de **11 °C**. Üstünde parsel sıcak → **serbest konveksiyon**.

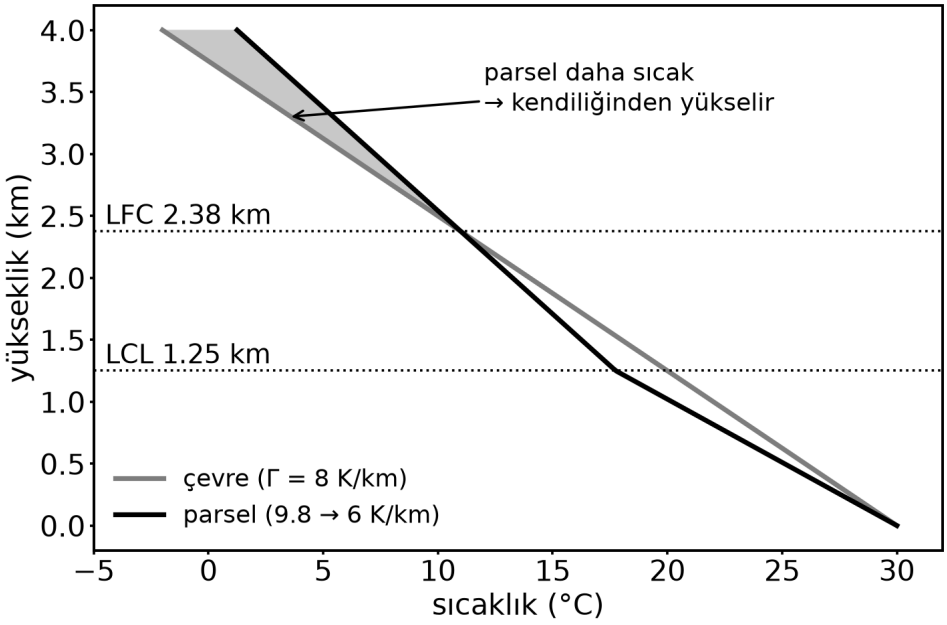
adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Koşullu kararsız havada parsel LFC'ye kadar zorlanmalı (dağ, cephe, yakınsama).

📈 Çözüm — Soru 8 · Grafik

LCL'ye kadar kuru (9.8 K/km), sonra nemli (6 K/km) parsel; gri alan = pozitif kaldırma kuvveti



💎 **ÖZ:** Gri alanın büyüklüğü CAPE'tir; LFC altındaki negatif alan CIN.

🎯 S9 · Terselme ve stratosfer (kavram)

tanım

Soru: (a) Terselme hangi üç yolla oluşur? (b) Neden bulut oluşumunu ve kirlilik dağılımını bastırır? (c) Cb neden stratosfere pek giremez?

web'de çöz

(a) üç neden · (b) mekanizma · (c) tropopoz

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: Lecture 11 özet maddeleri 7–8.

📋 Ne istiyor? — Soru 9

tanım

Ne istiyor? Terselmenin üç oluşum yolu, neden bulut ve kirlilik dağılımını bastırdığı ve Cb'nin neden stratosfere pek giremediği.

Soru tipi: Kavram · terselme ve stratosfer

animasyon

- *temperature inversion* → sıcaklık terselmesi · $\Gamma < 0$: sıcaklık yukarı doğru artar
- *subsidence* → çökme (alçalma) · antisiklon altında inen hava ısınır

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Terselme hangi üç yolla oluşur?»* → Oluşum mekanizmaları istenir. → **istenen**
- *«bulut oluşumunu ve kirlilik dağılımını bastırır?»* → Kararlılığın etkisi açıklanacak. → **istenen**
- *«Cb neden stratosfere pek giremez?»* → Tropopoz üstü kararlılık. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Kavram · terselme ve stratosfer

📋 Hangi formül? — Soru 9

Kullanılacak bilgi: Terselmede (Γ < 0) itilen parsel çevreden hemen soğuk kalır ve geri döner; düşey hareket kesilir. Stratosfer de böyle bir kapaktır.

💎 **ÖZ:** Formül: Terselmede (Γ < 0) itilen parsel çevreden hemen soğuk kalır

📋 Adım adım — Soru 9 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) çökme** — Antisiklon altında inen hava adyabatik ısınır. → ① **çökme terselmesi**
2. **(a) ışınım** — Açık, sakin gecede yer uzun dalga ışınımla soğur. → ② **yüzey terselmesi**
3. **(a) cephe** — Sıcak hava soğuk havanın üstüne kayar. → ③ **cephe terselmesi**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 9 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **(b) kapak** — İtilen parselin neden geri döndüğünü göster. → **bulut yok, kirlilik birikir**

4. adım

5. **(c) Cb** — Tropopoz üstünde sıcaklığın yükseklikle arttığını bağla. → **örs (anvil) yayılır**

5. adım

⚠️ **Tuzak:** Terselmede sıcaklığın yukarı doğru düştüğünü sanmak; terselmede sıcaklık yükseklikle artar ($\Gamma < 0$).

💎 **ÖZ:** Plan: (a) çökme → (a) ışınım → (a) cephe → (b) kapak → (c) Cb

✓ Çözüm — Soru 9

sınav cevabı

- **(a)** ① **Çökme** (subsidence, antisiklon altında inen hava ısınır) ② **yüzeyin uzun dalga ışınımla soğuması** (açık, sakin gece) ③ **cepheler** (sıcak hava soğuğun üstünde).
- **(b)** Terselmede itilen parsel hemen çevreden soğuk kalır → geri döner. Düşey hareket olmadan ne bulut gelişir ne kirlilik seyrelir.
- **(c)** Tropopozun üstünde sıcaklık **yükseklikle artar** → stratosfer her zaman kararlı; yükselen hava hızla negatif kaldırma kuvveti kazanır, örs (anvil) yayılır.
- **Gerçek örnek:** antisiklon altında terselme + sis, kömür dumanını şehir üstünde hapseder (büyük kış smogları).

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Terselme ve stratosfer aynı fiziği taşır: yukarı doğru ısınan hava = kapak.

🎯 S10 · CAPE ve CIN

tanım

Soru: Bir Cb parseli LFC'den EL'ye 6 km boyunca çevreden ortalama 3 K sıcak; çevre ortalaması 250 K. CAPE ve en büyük düşey hız? Yüzey ile LFC arasında parsel 800 m boyunca ortalama 1 K soğuk (çevre 290 K) ise CIN?

web'de çöz

CAPE → w_max → CIN → yorum

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: tek katmanlı toplam: |g|·(ΔT/T)·Δz.

📋 Ne istiyor? — Soru 10

formül

Ne istiyor? Cb parseli için CAPE ve en büyük düşey hız; yüzey–LFC arasındaki soğuk katman için CIN ve kısa yorum.

Soru tipi: Hesap · CAPE, w_max ve CIN

animasyon

- *convective available potential energy* → konvektif kullanılabilir potansiyel enerji · CAPE ≈ $|g|(\Delta T/T_e)\Delta z$, J/kg
- *convective inhibition (CIN)* → konveksiyon engeli · parselin soğuk olduğu katman, eksi

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«6 km boyunca»* → LFC–EL kalınlığı. → **$\Delta z = 6000$ m**
- *«çevreden ortalama 3 K sıcak»* → Pozitif kaldırma farkı. → **$T_{v,p} - T_{v,e} = 3$ K**
- *«çevre ortalaması 250 K»* → Paydadaki çevre sıcaklığı. → **$T_{v,e} = 250$ K**
- *«800 m boyunca ortalama 1 K soğuk»* → Negatif alan (CIN) için. → **$T_{v,p} - T_{v,e} = -1$ K, $\Delta z = 800$ m**

- *«(çevre 290 K)»* → CIN paydası. → **$T_{v,e}$ = 290 K**
- *«CAPE ve en büyük düşey hız?»* → CAPE ve w_max istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · CAPE, w_max ve CIN

📋 Hangi formül? — Soru 10 (1/2)

CAPE (tek katman) — Soru CAPE istiyor; tek katmanda ortalama farkla kaldırma kuvveti × kalınlık hesabına iner.

terimler

türetim

$$\mathrm{CAPE} \approx |g| \sum \frac{T_{v,p} - T_{v,e}}{T_{v,e}} \Delta z$$

CAPE: J/kg · $T_{v,p} - T_{v,e}$: parsel – çevre, K · $T_{v,e}$: çevre, K (payda) · Δz: kalınlık, m

---

💎 **ÖZ:** CAPE (tek katman)

📋 Hangi formül? — Soru 10 (2/2)

En büyük düşey hız — CAPE'in tamamı harekete dönerse ulaşılacak hız; üst sınır.

$$w_{max} \approx \sqrt{2\,\mathrm{CAPE}}$$

w_max: en büyük düşey hız, m/s

💎 **ÖZ:** En büyük düşey hız

📋 Adım adım — Soru 10 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **CAPE** — Tek katman için |g|·(ΔT/T)·Δz. → **CAPE ≈ 706 J/kg**
2. **w_max** — CAPE'in iki katının karekökünü al. → **w_max ≈ 38 m/s**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 10 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **CIN** — Aynı formülü soğuk katmana uygula; işaret eksi. → **CIN ≈ −27 J/kg**
4. **yorum** — CAPE ve CIN'i birlikte yorumla. → **öğleden sonra sağanak olası**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Paydaya °C koymak ya da Δz'yi km bırakmak; J/kg için Δz metre olmalı.

💎 **ÖZ:** Plan: CAPE → w_max → CIN → yorum

✓ Çözüm — Soru 10

sınav cevabı

$$\mathrm{CAPE} \approx 9.8 \times \frac{3}{250} \times 6000 = 706\ \mathrm{J\ kg^{-1}}$$

- **w_max** = √(2×706) ≈ **38 m s⁻¹** (gerçekte sürüklenme ve yağış yükü yüzünden daha az).
- **CIN** ≈ 9.8 × (–1/290) × 800 = **–27 J kg⁻¹** → küçük bir engel; ısınma veya cephe ile aşılır.
- **Yorum:** CAPE ~ 700 J/kg orta düzey kararsızlık; CIN küçük → öğleden sonra sağanak olası.
- **Bağ:** slayttaki Cb updraft'ları 50 m/s'yi aşabilir → CAPE binlerce J/kg.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** CAPE büyük + CIN küçük = derin konveksiyon kolay başlar.

GB K2 · Bölüm terimleri (1/2)

- **buoyancy** (n) kaldırma kuvveti — *positive buoyancy*
- **static stability** (n) statik kararlılık
- **environmental lapse rate** (n) çevre azalma oranı
- **conditionally unstable** (adj) koşullu kararsız
- **inversion** (n) terselme — *a surface inversion*

💎 **ÖZ:** stable = geri döner · unstable = uzaklaşır · neutral = kalır.

GB K2 · Bölüm terimleri (2/2)

- **level of free convection** (n) serbest konveksiyon seviyesi (LFC)
- **subsidence** (n) çökme, alçalma
- **convective inhibition** (n) konveksiyon engeli (CIN)
- **superadiabatic** (adj) kuru adyabatikten dik

*Parsel çevresinden **daha sıcak** olduğu için **yukarı ivmelenir**.*

The parcel is **warmer than** its environment, so it **accelerates upward**.

💎 **ÖZ:** Kalıp: "warmer than its environment → accelerates upward".

K3 · Kaldırma mekanizmaları ve bulut türleri

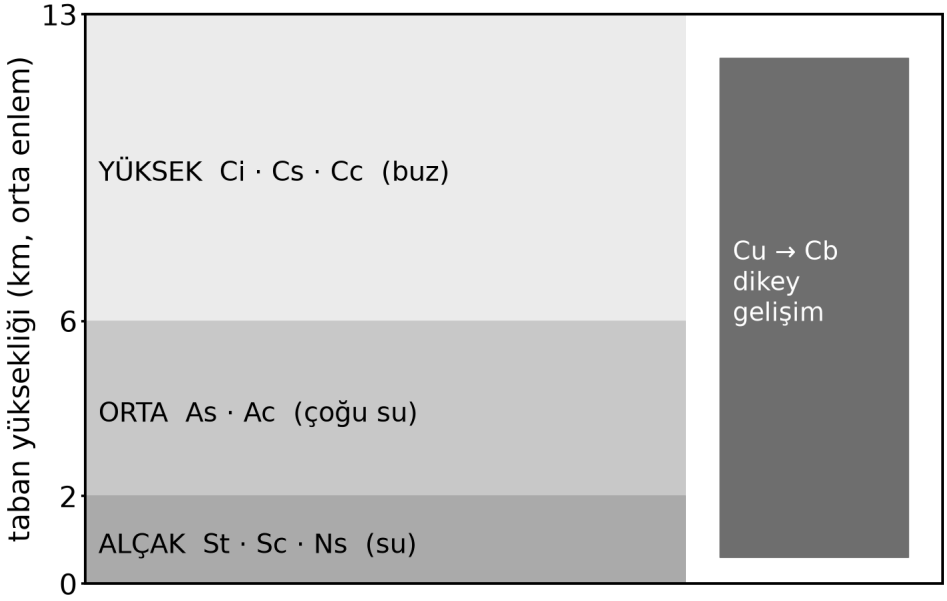
📌 K3 · Bulutlar — Ne? Nerede? Sınavda ne yazılır?

- **Ne?** Bulut = yerden uzakta **doymuş** hava; damlalar asılı görünecek kadar yavaş düşer.
- **Doymanın 3 yolu:** soğuma (en önemlisi **kaldırma**) · nem ekleme · karışma.
- **4 kaldırma:** orografik · cephesel · yakınsama · konvektif.
- **Ad = biçim + yükseklik:** cirrus, stratus, cumulus, nimbus · cirro- yüksek, alto- orta.
- **Sınavda yaz:** "flat clouds = stable air, puffy clouds = unstable air".

💎 **ÖZ:** Bulut neden oluştu sorusunun cevabı hep "hava neden yükseldi?".

📈 K3 · Yükseklik sınıfları

Orta enlemde taban yükseklikleri (slayt): yüksek > 6 km, orta 2–6 km, alçak < 2 km; Cu–Cb dikey



💎 **ÖZ:** Yüksek = buz (≈ –35 °C), orta = çoğu su, alçak = su. Cb tabanı alçak, tepesi tropopoz.

📐 Bulut tabanı (Cu ve Sc için)

$$z_{LCL} = 0.125 \ \frac{\text{km}}{\text{K}} \ (T - T_d)$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- T, T_d: yüzey sıcaklığı ve çiğ noktası (fark K = °C).
- Sonuç km; 1 km ≈ 3280 ft.

💎 **ÖZ:** Cu ve Sc yüzeye türbülansla bağlı → tabanı LCL. St ve As için geçerli değil.

📐 Bulut boyu dağılımı (lognormal)

$$f(X) = \frac{\Delta X}{\sqrt{2\pi}\, S_x\, X} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(X/L_x)}{S_x}\right)^2\right]$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- X: bulut çapı ya da derinliği · ΔX: boy aralığı.
- L_x: konum parametresi (medyan) · S_x: yayılım (boyutsuz).

💎 **ÖZ:** f(X) = boyu X ± ΔX/2 olan bulutların payı.

🎯 S11 · Dört kaldırma mekanizması

tanım

Soru: Dört kaldırma mekanizmasını birer Türkiye örneğiyle yazın. Hangisi atmosferin kararsız olmasını **şart** koşar, diğerlerini kararlılık nasıl etkiler?

web'de çöz

4 mekanizma + örnek · hangisi kararsızlık ister?

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: Lecture 11 özetinin 1. ve 2. maddesi.

📋 Ne istiyor? — Soru 11

tanım

Ne istiyor? Dört kaldırma mekanizması, her birine bir Türkiye örneği ve hangisinin kararsız atmosferi şart koştuğu.

Soru tipi: Kavram · kaldırma mekanizmaları

animasyon

- *orographic lifting* → orografik kaldırma · dağ yamacına zorlanan hava
- *low-level convergence* → alçak seviye yakınsama · toplanan hava yükselmek zorunda

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Dört kaldırma mekanizmasını»* → Orografik, cephesel, toplanma, konvektif. → **istenen**
- *«birer Türkiye örneğiyle»* → Her birine yerel örnek verilecek. → **koşul**
- *«kararsız olmasını şart koşar»* → Hangisi kararsızlık olmadan çalışmaz. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Kavram · kaldırma mekanizmaları

📋 Hangi formül? — Soru 11

Kullanılacak bilgi: Orografik, cephesel ve yakınsama zorlamalı kaldırmadır; konvektif kaldırma (serbest konveksiyon) yalnız kararsız havada olur.

💎 **ÖZ:** Formül: Orografik, cephesel ve yakınsama zorlamalı kaldırmadır; konv

📋 Adım adım — Soru 11 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **orografik** — Hava dağ yamacına zorlanır. → **dağ yamacı**
2. **cephesel** — Sıcak hava soğuk havanın üstüne kayar. → **cephe yüzeyi**
3. **yakınsama** — Alçak seviyede hava bir bölgeye toplanıp yükselir. → **toplanma** → **yükselme**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 11 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **konvektif** — Güneşle ısınan yüzeyden termikler kalkar. → **termik** → **Cu, Cb**
5. **kararlılık** — Kararlılığın etkisini yaz. → **konvektif = kararsızlık şart**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** Dört mekanizmanın hepsini kararsızlığa bağlamak; yalnız serbest konveksiyon kararsızlık ister.

💎 **ÖZ:** Plan: orografik → cephesel → yakınsama → konvektif → kararlılık

✓ Çözüm — Soru 11

sınav cevabı

- **Orografik:** hava dağ yamacına zorlanır → Doğu Karadeniz'de Kaçkar'ın kuzey yamacı (Rize, en yağışlı il).
- **Cephesel:** sıcak hava soğuk havanın üstüne kayar → kışın Balkan üzerinden gelen cephe sistemleri.
- **Yakınsama:** alçak seviyede hava bir bölgeye toplanıp yükselir → deniz meltemlerinin karşılaştığı kıyı içleri.
- **Konvektif:** güneşle ısınan yüzeyden kalkan termikler → yaz öğleden sonra İç Anadolu'da Cu, Cb.
- **Kararlılık:** ilk üçü zorlamalıdır; kararlılık onları zayıflatır, kararsızlık güçlendirir. **Serbest konveksiyon ancak kararsız havada** olur.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Zorlanmış kaldırma + kararlı hava = katman bulutu; + kararsız hava = kule bulutu.

🎯 S12 · Bulutu tanı

tanım

Soru: Cins, seviye ve içerik (su/buz) yazın: (a) güneş etrafında 22° hale, ince beyaz örtü (b) "uskumru gökyüzü", küçük beyaz pullar (c) örs tepeli, dolu ve şimşek (d) koyu gri, sürekli hafif-orta yağmur (e) güneş buzlu camdan görünür gibi, gölge yok

web'de çöz

(a)...(e) cins · seviye · içerik

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: hale yalnız buz kristalinde olur.

📋 Ne istiyor? — Soru 12

tanım

Ne istiyor? Beş tarif için bulut cinsi, seviyesi (yüksek/orta/alçak) ve içeriği (su/buz).

Soru tipi: Tanı · bulut cinsi, seviye, içerik

diyagram

- *halo* → hale · yalnız buz kristalinde → Cs
- *steady precipitation* → sürekli yağış · Ns; sağanak ise Cu/Cb

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«22° hale»* → Hale yalnız buz kristalinde olur. → **koşul**
- *«"uskumru gökyüzü", küçük beyaz pullar»* → Yüksek seviye küçük kümeler: Cc. → **koşul**
- *«örs tepeli, dolu ve şimşek»* → Derin konvektif bulut: Cb. → **koşul**
- *«koyu gri, sürekli hafif-orta yağmur»* → Sürekli yağış veren katman: Ns. → **koşul**
- *«güneş buzlu camdan görünür gibi, gölge yok»* → Orta seviye örtü: As. → **koşul**

- *«Cins, seviye ve içerik (su/buz) yazın»* → Her bulut için üç bilgi istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Tanı · bulut cinsi, seviye, içerik

📋 Hangi formül? — Soru 12

Kullanılacak bilgi: Ad = biçim + yükseklik. Yüksek > 6 km (buz), orta 2–6 km (çoğu su), alçak < 2 km (su). Hale yalnız buzda olur.

💎 **ÖZ:** Formül: Ad = biçim + yükseklik. Yüksek > 6 km (buz), orta 2–6 km (ço

📋 Adım adım — Soru 12 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) Cs** — Hale → buz → yüksek bulut. → **Cs • yüksek • buz**
2. **(b) Cc** — Küçük pullar + yüksek seviye. → **Cc • yüksek • buz**
3. **(c) Cb** — Örs + dolu + şimşek = dikey bulut. → **Cb • alçak→tropopoz**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 12 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **(d) Ns** — Sürekli yağış = Ns. → **Ns • alçak • su**
5. **(e) As** — Hale yok, gölge yok → As. → **As • orta • çoğu su**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** Cs ile As'yi karıştırmak: hale + gölge = Cs; hale yok, gölge yok = As.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) Cs → (b) Cc → (c) Cb → (d) Ns → (e) As

✓ Çözüm — Soru 12

sınav cevabı

- **(a) Cirrostratus (Cs)** — yüksek, buz. Yaklaşan sistemin 12–24 saat önünden gelir.
- **(b) Cirrocumulus (Cc)** — yüksek, buz; rüzgâr kesmesinde oluşur, sıcak cephe habercisi olabilir.
- **(c) Cumulonimbus (Cb)** — taban alçak, tepe tropopozda; örs buz, aşağısı su.
- **(d) Nimbostratus (Ns)** — alçak, su; geniş alanda sürekli yağış.
- **(e) Altostratus (As)** — orta, çoğu su damlası; gölge düşmez, güneş parlak bir leke.
- ⚠ **Sık hata:** Cs (hale var, gölge var) ile As'yi (hale yok, gölge yok) karıştırmak.

adım adım

💎 **ÖZ:** Hale → buz → yüksek bulut. Sürekli yağış → Ns; sağanak → Cu/Cb.

🎯 S13 · Bulut örtüsü

tanım

Soru: Gökyüzünün (a) %5'i (b) %40'ı (c) %75'i (d) %95'i kapalıysa örtü adı nedir? Sc slaytta "gökyüzünün 5/8'ini ya da fazlasını" kaplar diyor; bu hangi sınıfa düşer?

web'de çöz

onda bir cinsinden → sınıf · 5/8 dönüşümü

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: sınırlar 1/10 · 5/10 · 9/10.

📋 Ne istiyor? — Soru 13

formül

Ne istiyor? %5, %40, %75 ve %95 kapalılık için örtü adı ve Sc'nin «5/8 ya da fazlası»nın hangi sınıfa düştüğü.

Soru tipi: Sınıflama · bulut örtüsü

diyagram

- *sky cover (in tenths)* → bulut örtüsü (onda bir) · önce onda bire çevir
- *scattered / broken / overcast* → parçalı / çok bulutlu / kapalı · 1–5 · 6–9 · > 9/10

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«(a) %5'i (b) %40'ı (c) %75'i (d) %95'i kapalıysa»* → Kapalılık oranları sınıfa çevrilecek. → **koşul = 0.5/4/7.5/9.5 onda**
- *«örtü adı nedir?»* → Clear/sct/bkn/ovc adı istenir. → **istenen**
- *«"gökyüzünün 5/8'ini ya da fazlasını"»* → Okta cinsinden 5/8 ve üstü. → **koşul = ≥ 5/8**

💎 **ÖZ:** Sınıflama · bulut örtüsü

📋 Hangi formül? — Soru 13

Kullanılacak bilgi: Clear < 1/10 · scattered 1–5/10 · broken 6–9/10 · overcast > 9/10. Okta önce onda bire çevrilir.

terimler

💎 **ÖZ:** Formül: Clear < 1/10 · scattered 1–5/10 · broken 6–9/10 · overcast >

📋 Adım adım — Soru 13

Adımlar — kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **dönüştür** — Yüzdeleri onda bire çevir. → **0.5 · 4 · 7.5 · 9.5 (/10)**
2. **sınıfla** — Her değeri sınırlarla kıyasla. → **clear · sct · bkn · ovc**
3. **5/8** — Oktayı onda bire çevir. → **broken (çok bulutlu)**

1. adım

2. adım

3. adım

⚠️ **Tuzak:** Okta (sekizde bir) ile onda biri karıştırmak; 5/8, 5/10 değil 6.25/10'dur.

💎 **ÖZ:** Plan: dönüştür → sınıfla → 5/8

✓ Çözüm — Soru 13

sınav cevabı

- **(a) 0.5/10 < 1/10** → **clear** (açık).
- **(b) 4/10** → 1–5/10 → **scattered** (parçalı).
- **(c) 7.5/10** → 6–9/10 → **broken** (çok bulutlu).
- **(d) 9.5/10 > 9/10** → **overcast** (kapalı).
- **5/8 = 6.25/10** → **broken**; Sc çoğu zaman çok bulutlu ya da kapalı gösterir.
- ⚠ **Sık hata:** okta (sekizde bir) ile onda biri karıştırmak; önce dönüştür.

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Clear < 1/10 · scattered 1–5 · broken 6–9 · overcast > 9/10.

🎯 S14 · Bulut tabanı tahmini

tanım

Soru: (a) T = 24 °C, T_d = 14 °C (b) T = 18 °C, T_d = 17 °C (c) T = 32 °C, T_d = 12 °C. Cu tabanı kaç m ve kaç ft olur? Hangi durum sis/stratus riski taşır?

web'de çöz

zLCL = 0.125(T − Td) → m → ft → yorum

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: 1 km = 3280 ft.

📋 Ne istiyor? — Soru 14

formül

Ne istiyor? Üç yüzey T–T_d çifti için Cu tabanının m ve ft cinsinden yüksekliği ve hangisinin sis/stratus riski taşıdığı.

Soru tipi: Hesap · bulut tabanı (LCL)

animasyon

- *estimate the cloud-base height* → bulut tabanı yüksekliğini tahmin et · z_LCL = 0.125(T – T_d)
- *dew-point depression* → çiğ noktası açığı · T – T_d; küçükse taban alçak

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«(a) T = 24 °C, T_d = 14 °C»* → Açık 10 K. → **T – T_d = 10 K**
- *«(b) T = 18 °C, T_d = 17 °C»* → Açık 1 K, hava neredeyse doymuş. → **T – T_d = 1 K**
- *«(c) T = 32 °C, T_d = 12 °C»* → Açık 20 K, kuru hava. → **T – T_d = 20 K**
- *«Cu tabanı kaç m ve kaç ft»* → LCL yüksekliği iki birimde. → **istenen**

- *«sis/stratus riski»* → En alçak taban aranıyor. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · bulut tabanı (LCL)

📋 Hangi formül? — Soru 14

LCL (bulut tabanı) yüksekliği — Soru Cu tabanını istiyor; Cu tabanı LCL'dir ve LCL'yi T – T_d'den veren kısa kalıp bu.

terimler

türetim

$$z_{LCL} = 0.125\,(T - T_d)$$

z_LCL: LCL yüksekliği, km · T – T_d: çiğ noktası açığı, K · 0.125: km/K

💎 **ÖZ:** Formül: LCL (bulut tabanı) yüksekliği

📋 Adım adım — Soru 14 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a)** — Açığı 0.125 ile çarp, m ve ft'ye çevir. → **1250 m ≈ 4100 ft**
2. **(b)** — Aynı işlem, açık 1 K. → **125 m ≈ 410 ft**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 14 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(c)** — Aynı işlem, açık 20 K. → **2500 m ≈ 8200 ft**
4. **yorum** — Sis riskini seç. → **(b) sis/stratus riski**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** 0.125'i m/K sanmak; birimi km/K, sonuç km çıkar.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) → (b) → (c) → yorum

✓ Çözüm — Soru 14

sınav cevabı

- **(a)** 0.125 × 10 = **1.25 km = 1250 m ≈ 4100 ft** → tipik açık hava Cu tabanı.
- **(b)** 0.125 × 1 = **125 m ≈ 410 ft** → hava neredeyse doymuş; çok alçak stratus ya da **sis** riski.
- **(c)** 0.125 × 20 = **2.5 km ≈ 8200 ft** → kuru yaz öğleden sonrası; yüksek tabanlı Cu, yağış buharlaşabilir.
- **Yorum:** T – Td büyüdükçe taban yükselir; slayttaki sis kuralı: T – Td < 2 °F (≈ 1.1 °C) → sis olası.
- ⚠ **Sık hata:** 0.125'i m/K sanmak; birimi km/K.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Her 1 °C çiğ noktası açığı ≈ 125 m taban.

🎯 S15 · Bulut boyu dağılımı

tanım

Soru: Bir bölgede Cu çapları lognormal: L_x = 1 km, S_x = 0.5, ΔX = 0.2 km. X = 0.5, 1 ve 2 km için f(X)'i bulun. En sık görülen boy L_x mi?

web'de çöz

her X için ln(X/Lx) → üstel → ön çarpan

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: X = 1 km'de ln terimi 0 olur.

📋 Ne istiyor? — Soru 15

formül

Ne istiyor? L_x = 1 km, S_x = 0.5, ΔX = 0.2 km için X = 0.5, 1 ve 2 km'de f(X) ve en sık boyun L_x olup olmadığı.

Soru tipi: Hesap · lognormal bulut boyu

diyagram

- *lognormal distribution* → lognormal dağılım · ln X normal dağılır; sağa çarpık
- *most frequent (modal) size* → en sık görülen (mod) boy · mod = L_x·e^(−S_x²) < L_x

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«L_x = 1 km»* → Medyan (ölçek) boy. → **L_x = 1 km**
- *«S_x = 0.5»* → Logaritmik yayılım. → **S_x = 0.5**
- *«ΔX = 0.2 km»* → Sınıf genişliği. → **ΔX = 0.2 km**
- *«X = 0.5, 1 ve 2 km için f(X)'i bulun»* → Üç boy için olasılık istenir. → **f(X) = 0.5, 1, 2 km**
- *«En sık görülen boy L_x mi?»* → Mod ile L_x kıyaslanacak. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · lognormal bulut boyu

📋 Hangi formül? — Soru 15

Lognormal bulut boyu dağılımı — Soru lognormal dağılımdan belli boyların payını istiyor; f(X) bunu doğrudan verir.

terimler

türetim

$$f(X) = \frac{\Delta X}{\sqrt{2\pi}\, S_x\, X} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(X/L_x)}{S_x}\right)^2\right]$$

f(X): boyu X ± ΔX/2 olan bulut payı · L_x: medyan boy, km · S_x: yayılım, boyutsuz · ΔX: boy aralığı, km

---

💎 **ÖZ:** Formül: Lognormal bulut boyu dağılımı

📋 Adım adım — Soru 15 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **X = 1** — ln(1) = 0 → üstel 1; yalnız ön çarpan kalır. → **f(1) = 0.160**
2. **X = 0.5** — ln 0.5 = −0.693; üsteli ve ön çarpanı bul. → **f(0.5) = 0.122**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 15 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **X = 2** — ln 2 = +0.693 → üstel yine 0.383; ön çarpan 0.080. → **f(2) = 0.031**
4. **mod** — En sık boyu bul ve L_x ile kıyasla. → **0.78 km < L_x**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Ön çarpandaki X'i unutmak; o zaman 0.5 ve 2 km için f aynı çıkar.

💎 **ÖZ:** Plan: X = 1 → X = 0.5 → X = 2 → mod

✓ Çözüm — Soru 15

sınav cevabı

- **X = 1 km:** ln(1) = 0 → exp = 1 → f = 0.2 / (2.507 × 0.5 × 1) = **0.160**.
- **X = 0.5 km:** ln 0.5 = −0.693 → $(-1.386)^2$ / 2 = 0.961 → exp = 0.383 → ön çarpan 0.319 → **f = 0.122**.
- **X = 2 km:** exp yine 0.383, ön çarpan 0.080 → **f = 0.031**.
- **Yorum:** küçük bulut çok, büyük bulut az; dağılım sağa çarpık. En sık boy L_x·e^(−S_x^2) = **0.78 km** < L_x.
- ⚠ **Sık hata:** ön çarpandaki X'i unutmak → 0.5 ve 2 km aynı çıkar.

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** L_x medyandır, mod değil; lognormalde mod hep medyandan küçük.

🎯 S16 · Föhn (orografik kaldırma)

tanım

Soru: Deniz seviyesinde T = 20 °C, T_d = 12 °C olan hava 3 km'lik dağı aşıyor; LCL'nin üstünde Γs = 6 K/km ile soğuyor ve yoğuşan suyun tamamı yağıyor. Rüzgâraltında deniz seviyesine indiğinde sıcaklığı?

web'de çöz

LCL → tepe → kuru iniş → fark

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: inişte bulut yok → hep 9.8 K/km.

📋 Ne istiyor? — Soru 16

formül

Ne istiyor? Deniz seviyesinde 20 °C, T_d 12 °C olan havanın 3 km dağı aşıp rüzgâraltında deniz seviyesine indiğindeki sıcaklığı.

Soru tipi: Hesap · föhn sıcaklığı

animasyon

- *leeward side* → rüzgâraltı yamaç · iniş hep kuru: 9.8 K/km
- *foehn (chinook) wind* → föhn rüzgârı · yağış gizli ısıyı bırakır → ısınma

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«T = 20 °C, T_d = 12 °C»* → Açık 8 K, LCL 1 km. → **T − T_d = 8 K**
- *«3 km'lik dağı aşıyor»* → Tepe yüksekliği. → **z_tepe = 3 km**
- *«Γs = 6 K/km ile soğuyor»* → LCL–tepe arası soğuma. → **T_tepe = 6 K/km**
- *«yoğuşan suyun tamamı yağıyor»* → İnişte parsel kuru adyabatik ısınır. → **Γd = 9.8 K/km**

- *«Rüzgâraltında deniz seviyesine indiğinde sıcaklığı?»* → Föhn sıcaklığı istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · föhn sıcaklığı

📋 Hangi formül? — Soru 16 (1/2)

LCL (bulut tabanı) yüksekliği — Çıkışta parselin nerede doyduğunu bulmak için LCL gerekir.

terimler

türetim

$$z_{LCL} = 0.125\,(T - T_d)$$

z_LCL: LCL yüksekliği, km · T – T_d: çiğ noktası açığı, K · 0.125: km/K

💎 **ÖZ:** LCL (bulut tabanı) yüksekliği

📋 Hangi formül? — Soru 16 (2/2)

Kuru iniş — Su yağdığı için inişte bulut kalmaz; parsel tepeden yere kuru adyabatik ısınır.

$$T_{lee} = T_{tepe} + \Gamma_d \, z_{tepe}$$

T_lee: rüzgâraltı yer sıcaklığı, °C · T_tepe: tepedeki parsel sıcaklığı · Γd: = 9.8 K/km · z_tepe: dağ yüksekliği, km

---

💎 **ÖZ:** Kuru iniş

📋 Adım adım — Soru 16 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **LCL** — Açığı 0.125 ile çarp; parseli 9.8 K/km ile LCL'ye soğut. → **LCL 1 km · 10.2 °C**
2. **tepe** — LCL'den tepeye 2 km, 6 K/km ile soğut. → **tepede −1.8 °C**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 16 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **iniş** — 3 km boyunca 9.8 K/km ile ısıt. → **27.6 °C**
4. **fark** — Başlangıçla kıyasla ve nedenini yaz. → **7.6 K daha sıcak ve kuru**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** İnişte de nemli adyabat kullanmak; su yağdığı için iniş hep 9.8 K/km.

💎 **ÖZ:** Plan: LCL → tepe → iniş → fark

✓ Çözüm — Soru 16

sınav cevabı

- **LCL:** 0.125 × 8 = **1 km** · T = 20 − 9.8 = **10.2 °C**.
- **Tepe (3 km):** 10.2 − 6 × 2 = **−1.8 °C** (nemli adyabat, yağış düşüyor).
- **İniş (3 km kuru):** −1.8 + 9.8 × 3 = **27.6 °C** → başlangıçtan **7.6 K sıcak**.
- **Neden?** Yağan suyun gizli ısısı havada kaldı; çıkarken yavaş soğudu, inerken hızlı ısındı. Hava hem **sıcak** hem **kuru** iner.
- **Türkiye:** Doğu Karadeniz'de kuzey yamaç yağışlı, güneyde föhn → kuru, ılık, yangın riski.

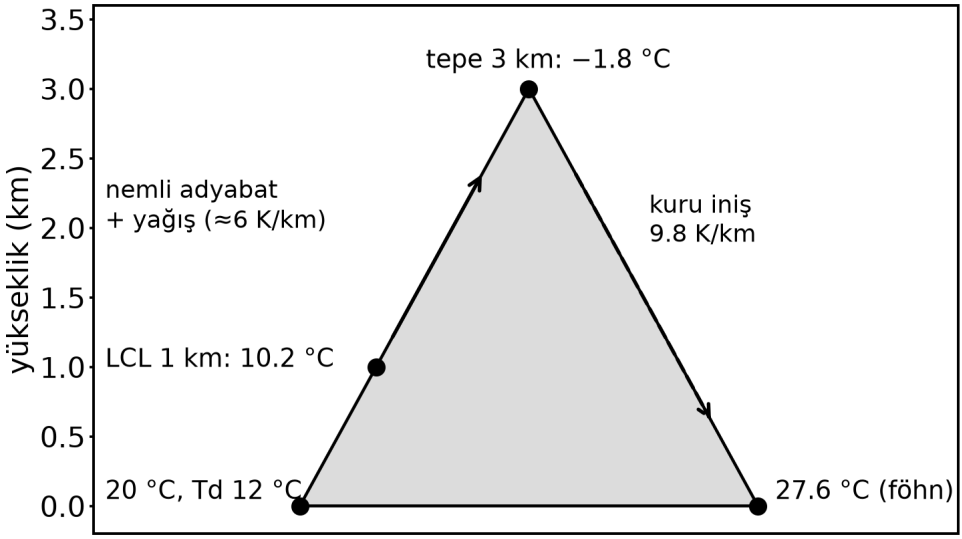
adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Rüzgârüstü yağış + rüzgâraltı kuru ısınma = föhn (chinook).

📈 Çözüm — Soru 16 · Grafik

Çıkışta 1 km'ye kadar kuru, sonra nemli adyabat; inişte 3 km boyunca kuru adyabat



💎 **ÖZ:** Çıkış ve iniş eğimleri farklı olduğu sürece rüzgâraltı daha sıcaktır.

🎯 S17 · "Diğer bulutlar" eşleştirme

tanım

Soru: Adı ve oluşum nedeni: (a) dağın rüzgâraltında, mercek biçimli, yerinden kıpırdamayan (b) Cb örsünün altında torba torba sarkan (c) uçağın arkasında beyaz çizgi (d) dalga gibi kıvrılan sıra (e) Ac üstünde kule çıkıntılar (f) kutupta kışın alacakaranlıkta sedef renkli, ~20–30 km

web'de çöz

(a)...(f) ad + neden

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: ikisi inen ya da kararlı havada, ikisi kararsız havada oluşur.

📋 Ne istiyor? — Soru 17

tanım

Ne istiyor? Altı tarif için bulutun adı ve oluşum nedeni (dağ dalgası, inen hava, karışma, kesme, kararsızlık, stratosfer).

Soru tipi: Eşleştirme · özel bulutlar

animasyon

- *lenticular cloud* → mercek bulutu · kararlı akış, dağ dalgası tepesi
- *mammatus* → torba (meme) bulut · örs altında, inen hava

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«mercek biçimli, yerinden kıpırdamayan»* → Dağ dalgası bulutu. → **koşul**
- *«torba torba sarkan»* → Mammatus. → **koşul**
- *«uçağın arkasında beyaz çizgi»* → Contrail. → **koşul**
- *«dalga gibi kıvrılan sıra»* → Kelvin-Helmholtz dalgası. → **koşul**
- *«Ac üstünde kule çıkıntılar»* → Castellanus. → **koşul**
- *«sedef renkli, ~20–30 km»* → Stratosfer: kutup stratosfer bulutu. → **koşul**

- *«Adı ve oluşum nedeni»* → Her biri için ad ve neden istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Eşleştirme · özel bulutlar

📋 Hangi formül? — Soru 17

Kullanılacak bilgi: Lenticular dalga tepesinde (kararlı akış), mammatus inen havada, castellanus kararsız havada, KH dalgası rüzgâr kesmesinde oluşur.

💎 **ÖZ:** Formül: Lenticular dalga tepesinde (kararlı akış), mammatus inen hav

📋 Adım adım — Soru 17 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a)** — Dağ dalgası → lenticular. → **lenticular (+ rotor)**
2. **(b)** — Örs altında torbalar → mammatus. → **mammatus**
3. **(c)(d)** — İz → contrail; kıvrılan sıra → Kelvin–Helmholtz. → **contrail · KH dalgası**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 17 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **(e)** — Ac üstünde kuleler → castellanus. → **castellanus**
5. **(f)** — Kutupta, 20–30 km, sedef renk → PSC. → **PSC (nacreous)**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** Lenticular ile castellanus'u karıştırmak; lenticular kararlı akışta, castellanus kararsız havada oluşur.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) → (b) → (c)(d) → (e) → (f)

✓ Çözüm — Soru 17

sınav cevabı

- **(a) Lenticular:** kararlı akışın dağ dalgası tepesinde; altında **rotor**, uçağa tehlikeli.
- **(b) Mammatus: inen** havada oluşan sarkıklar.
- **(c) Contrail:** egzozdaki buhar soğuk havada (≈ −40 °C) karışıp yoğuşur/donar.
- **(d) Kelvin–Helmholtz dalgaları:** güçlü rüzgâr ve yoğunluk farkı (kesme kararsızlığı).
- **(e) Castellanus:** yukarıda kararsızlık; öğleden sonra fırtına habercisi.
- **(f) PSC (nacreous):** stratosferde aşırı soğumuş su/buz. Mezosferdeki (~85 km) ise **noctilucent**.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Lenticular dalga tepesinde, mammatus inen havada, castellanus kararsız havada.

GB K3 · Bölüm terimleri (1/2)

- **orographic lifting** (n) orografik kaldırma
- **convergence** (n) yakınsama — *low-level convergence*
- **cloud base** (n) bulut tabanı
- **overcast** (adj) kapalı — *an overcast sky*
- **broken** (adj) çok bulutlu (6–9/10)

💎 **ÖZ:** windward = rüzgârüstü (yağışlı) · leeward = rüzgâraltı (kuru, sıcak).

GB K3 · Bölüm terimleri (2/2)

- **anvil** (n) örs — *the cumulonimbus anvil*
- **lenticular** (adj) mercek biçimli
- **windward / leeward** (adj) rüzgârüstü / rüzgâraltı
- **wind shear** (n) rüzgâr kesmesi

*Hava dağın **rüzgârüstü** yamacında yükselir ve **yağışını bırakır**.*

Air rises on the **windward** slope and **drops its precipitation**.

💎 **ÖZ:** Kalıp: "Air rises on the windward slope...".

K4 · Sis, çiy, kırağı

📌 K4 · Sis, çiy, kırağı — Ne? Nerede? Sınavda ne yazılır?

- **Ne?** Sis = yere **değen** bulut. Çiy: yüzey T_d'nin altına soğur → su. Kırağı: yüzey **don noktasının** altında → buhar doğrudan buza (depozisyon).
- **Oluşum (3 koşul):** soğuma · nem ekleme · **hafif** karışma.
- **Dağılma (3 yol):** ısınma · nemin gitmesi · güçlü karışma.
- **Nerede?** Havalimanı (görüş, LVP), kara yolu, deniz trafiği.
- **Sınavda yaz:** T – T_d < 2 °F (≈ 1.1 °C) → sis olası.

💎 **ÖZ:** Sis adını onu doyuran süreçten alır: ışınım, adveksiyon, yamaç, buhar, cephe, karışma.

📌 K4 · Sis türleri tek bakışta

- **Işınım (radiation):** açık, sakin, uzun gece; yüksek basınç; vadiler. Denizde oluşmaz.
- **Adveksiyon:** ılık nemli hava **soğuk** yüzey üstünden geçer (kıyı, soğuk akıntı).
- **Yamaç (upslope):** nemli hava yamaçtan yükselir, adyabatik soğur.
- **Buhar (steam, arctic smoke): soğuk** hava **ılık** su üstünde.
- **Cephe / yağış:** ılık yağmur soğuk havaya düşer, buharlaşır.
- **Karışma:** iki doymamış hava karışır (nefes, contrail).

💎 **ÖZ:** Adveksiyon: ılık hava/soğuk yüzey · buhar sisi: soğuk hava/ılık su. Tersini karıştırma.

📐 Karışma: ağırlıklı ortalama

$$T_X = \frac{m_B T_B + m_C T_C}{m_X} \qquad e_X = \frac{m_B e_B + m_C e_C}{m_X}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- m: hava kütlesi (kg), m_X = m_B + m_C.
- Sonra kıyas: e_X > e_s(T_X) ise karışım doymuş.

💎 **ÖZ:** e_s(T) eğrisi dışbükey → iki doymamış hava karışınca doyabilir.

📐 Don noktası (buz üzerinde)

$$T_f = \left[\frac{1}{T_0} - \frac{\Re_v}{L_d} \ln \frac{e}{e_0} \right]^{-1}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- $L_d/\Re_v$ = 6139 K (su için 5423 K) · T_0 = 273.15 K.
- e_0 = 0.611 kPa · e: havanın buhar basıncı.

💎 **ÖZ:** 0 °C'nin altında don noktası çiğ noktasından biraz yüksektir.

🎯 S18 · Sis türünü bul

tanım

Soru: (a) Açık, rüzgârsız kış gecesinden sonra vadide sabah sisi (b) ılık deniz havası soğuk kıyı suyu üstünden karaya (c) sonbahar sabahı ılık gölün üstünde "duman" (d) nemli hava yaylaya doğru yükseliyor (e) sıcak cephe önünde yağmur sürerken (f) soğuk günde nefesimiz

web'de çöz

(a)...(f) tür + doyuran süreç

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: önce "ne soğudu ya da ne nemlendi?" sor.

📋 Ne istiyor? — Soru 18

formül

Ne istiyor? Altı durum için sis türü ve havayı doyuran süreç (soğuma, nem ekleme ya da karışma).

Soru tipi: Tanı · sis türü

animasyon

- *advection fog* → adveksiyon sisi · ılık nemli hava, soğuk yüzey
- *steam fog* → buhar sisi · soğuk hava, ılık su

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«rüzgârsız kış gecesinden sonra vadide»* → Gece ışınımla soğuma. → **koşul**
- *«soğuk kıyı suyu üstünden karaya»* → Ilık hava soğuk yüzeyde taşınarak soğur. → **koşul**
- *«ılık gölün üstünde "duman"»* → Buharlaşma ile soğuk hava doyar. → **koşul**
- *«yaylaya doğru yükseliyor»* → Yamaç boyunca adyabatik soğuma. → **koşul**
- *«sıcak cephe önünde yağmur sürerken»* → Düşen yağmurun buharlaşması. → **koşul**

- *«soğuk günde nefesimiz»* → İki havanın karışması.
  → **koşul**

💎 **ÖZ:** Tanı · sis türü

📋 Hangi formül? — Soru 18

Kullanılacak bilgi: Sis adını doyuran süreçten alır. Soğutarak: ışınım, adveksiyon, yamaç · nemlendirerek: buhar, cephe · karıştırarak: karışma.


terimler


türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Sis adını doyuran süreçten alır. Soğutarak: ışınım, adveksiy

📋 Adım adım — Soru 18 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a)** — Gece ışınımla soğuma → ışınım sisi. → **ışınım sisi**
2. **(b)** — Ilık hava soğuk yüzeyde → adveksiyon sisi. → **adveksiyon (deniz) sisi**
3. **(c)** — Soğuk hava ılık suda → buhar sisi. → **buhar sisi**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 18 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **(d)(e)** — Yükselme → yamaç sisi; yağmur buharlaşması → cephe sisi. → **yamaç sisi • cephe sisi**

4. adım

5. **(f)** — Sıcak nemli nefes + soğuk hava → karışma sisi. → **karışma sisi**

5. adım

⚠️ **Tuzak:** Adveksiyon sisi ile buhar sisini karıştırmak: ılık hava/soğuk yüzey ↔ soğuk hava/ılık su.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) → (b) → (c) → (d)(e) → (f)

✓ Çözüm — Soru 18

sınav cevabı

- **(a) Işınım sisi** — yer uzun dalga ışınımla soğur, yüzey terselmesi oluşur.
- **(b) Adveksiyon (deniz) sisi** — ılık nemli hava soğuk yüzeyde alttan soğur.
- **(c) Buhar sisi** — soğuk hava ılık suyun buharıyla doyar (nem ekleme + karışma).
- **(d) Yamaç sisi** — yükselme → adyabatik soğuma.
- **(e) Cephe (yağış) sisi** — ılık yağmur damlaları soğuk havada buharlaşır.
- **(f) Karışma sisi** — sıcak nemli nefes + soğuk hava.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Soğutarak: a, b, d · nemlendirerek: c, e · karıştırarak: f.

🎯 S19 · Işınım sisi ne zaman?

tanım

Soru: Gün batımında T = 12 °C, T_d = 8 °C; hava gece saatte 1.0 K soğuyor. (a) Kaç saat sonra sis beklenir? (b) Çiy oluşumu nemi alıp T_d'yi saatte 0.2 K düşürürse? (c) Rüzgâr hangi aralıkta ideal?

web'de çöz

(a) açık/hız (b) yeni yaklaşma hızı (c) kt aralığı

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: T ile T_d'nin birbirine yaklaşma hızını kullan.

📋 Ne istiyor? — Soru 19

formül

Ne istiyor? T = 12 °C, T_d = 8 °C ve 1 K/h soğumada sisin kaç saatte oluşacağı, çiy T_d'yi düşürürse yeni süre ve ideal rüzgâr.

Soru tipi: Hesap · ışınım sisi zamanı

animasyon

- *radiation fog* → ışınım sisi · açık, sakin gece; 3–7 kt
- *dew-point depression* → çiğ noktası açığı · süre = açık / yaklaşma hızı

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«T = 12 °C, T_d = 8 °C»* → Açık 4 K. → **T − T_d = 4 K**
- *«saatte 1.0 K soğuyor»* → Soğuma hızı. → **dT/dt = 1.0 K/saat**
- *«T_d'yi saatte 0.2 K düşürürse»* → Çiy noktası da düşer, açık yavaş kapanır. → **dT_d/dt = 0.2 K/saat**
- *«Kaç saat sonra sis beklenir?»* → t istenir. → **istenen**

- *«Rüzgâr hangi aralıkta ideal?»* → Hafif karışma aralığı istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · ışınım sisi zamanı

📋 Hangi formül? — Soru 19

Sis saati — Soru «kaç saat sonra sis?» diyor; T ile T_d'nin birbirine yaklaşma hızı süreyi verir.

terimler

türetim

$$t = \frac{T - T_d}{\left|dT/dt\right| - \left|dT_d/dt\right|}$$

t: sise kalan süre, h · T – T_d: çiğ noktası açığı, K · dT/dt: sıcaklık düşüş hızı, K/h · dT_d/dt: çiğ noktası düşüş hızı, K/h

---

💎 **ÖZ:** Formül: Sis saati

📋 Adım adım — Soru 19 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **açık** — Çiğ noktası açığını bul. → **açık = 4 K**
2. **(a) süre** — Açığı 1.0 K/h'e böl. → **≈ 4 saat**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 19 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) süre** — Yaklaşma = 1.0 − 0.2 = 0.8 K/h.
   → **≈ 5 saat (çiy geciktirir)**
4. **(c) rüzgâr** — İdeal rüzgârı seç. → **3–7 kt**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** (b)'de T_d'nin düşüşünü yok saymak; yaklaşma hızı iki hızın farkıdır.

💎 **ÖZ:** Plan: açık → (a) süre → (b) süre → (c) rüzgâr

✓ Çözüm — Soru 19

sınav cevabı

- **(a)** Açık = 12 − 8 = 4 K · yaklaşma 1.0 K/h → **≈ 4 saat**.
- **(b)** T 1.0 K/h düşer, T_d 0.2 K/h düşer → yaklaşma **0.8 K/h** → 4/0.8 = **≈ 5 saat**. Çiy sisi geciktirir.
- **(c) 3–7 kt** ideal (hafif karışma soğumayı bir katmana yayar). 0–2 kt: sığ yer sisi · > 8 kt: ışınım sisi yok.
- **Ek koşullar:** açık gökyüzü, uzun gece, nemli alt katman + üstte kuru hava, yüksek basınç.
- **Dağılma:** güneş yeri ısıtır, sis **alttan** "yanar"; çoğu kez önce stratusa döner.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Sis saati = (T − T_d) / yaklaşma hızı. Çiy düşmesi T_d'yi de aşağı çeker.

🎯 S20 · Karışma sisi (örnek soru)

tanım

Soru: B parseli: T = 30 °C, e = 3.4 kPa. C parseli: T = −4 °C, e = 0.2 kPa. İkisi de 100 kPa'da ve 1'er kg. Karışımın T ve e'si nedir, karışım doyar mı?

web'de çöz

T_X · e_X · $e_s(T_X)$ · kıyas

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: kütleler eşit → basit ortalama.

📋 Ne istiyor? — Soru 20

formül

Ne istiyor? 30 °C/3.4 kPa ve −4 °C/0.2 kPa olan eşit kütleli iki havanın karışımının T ve e'si ve karışımın doyup doymadığı.

Soru tipi: Hesap · karışma sisi

animasyon

- *mixing of two air parcels* → iki hava parselinin karışması · T ve e kütle ağırlıklı ortalanır
- *is the mixture saturated?* → karışım doymuş mu? · e_X > e_s(T_X) ise doymuş

💎 **ÖZ:** Hesap · karışma sisi

📋 Verilenler — Soru 20

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«B parseli: T = 30 °C, e = 3.4 kPa»* → Sıcak nemli parsel. → **T_X, e_X = 30 °C, 3.4 kPa**
- *«C parseli: T = −4 °C, e = 0.2 kPa»* → Soğuk kuru parsel. → **T_X, e_X = −4 °C, 0.2 kPa**
- *«1'er kg»* → Eşit kütle; basit ortalama. → **m_B, m_C = 1 kg, m_X = 2 kg**
- *«karışım doyar mı?»* → e_X ile e_s(T_X) kıyaslanacak. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 20 (1/2)

Karışma (ağırlıklı ortalama) — Soru iki havanın karışımını soruyor; T ve e kütleyle ağırlıklı ortalanır.

terimler

türetim

$$T_X = \frac{m_B T_B + m_C T_C}{m_X} \qquad e_X = \frac{m_B e_B + m_C e_C}{m_X}$$

T_X, e_X: karışım sıcaklığı, buhar basıncı · m_B, m_C: parsel kütleleri, kg · m_X: = m_B + m_C

💎 **ÖZ:** Karışma (ağırlıklı ortalama)

📋 Hangi formül? — Soru 20 (2/2)

Doyma buhar basıncı (su) — Karışımın doyup doymadığı için $e_s(T_X)$ gerekir; e_X bununla kıyaslanır.

$$e_s = 0.611 \exp\left[5423 \left(\frac{1}{273.15} - \frac{1}{T}\right)\right]$$

e_s: doyma buhar basıncı, kPa · T: sıcaklık, K · 5423 K: L/$\Re_v$, su üzerinde

---

💎 **ÖZ:** Doyma buhar basıncı (su)

📋 Adım adım — Soru 20 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **ortalama** — Kütleler eşit; T ve e'nin basit ortalamasını al. → **T_X = 13 °C · e_X = 1.8 kPa**

1. adım

2. **e_s(13)** — 13 °C için doyma buhar basıncını bul. → **e_s = 1.51 kPa**

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 20 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **kıyas** — e_X'i e_s ile kıyasla. → **doymuş** → **sis/bulut**
4. **kontrol** — Uçların RH'sini kontrol et. → **ikisi de doymamış**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** RH'lerin ortalamasını almak; RH karışmaz, T ve e ortalanır, sonra e_s ile kıyaslanır.

💎 **ÖZ:** Plan: ortalama → $e_s(13)$ → kıyas → kontrol

✓ Çözüm — Soru 20

sınav cevabı

- **T_X** = (1·30 + 1·(−4)) / 2 = **13 °C** · **e_X** = (3.4 + 0.2) / 2 = **1.8 kPa**.

- **e_s(13 °C):** üs = 5423 × (1/273.15 − 1/286.15) = 0.902.

$$e_s(13\,^\circ\mathrm{C}) = 0.611\,e^{0.902} = 1.51\ \mathrm{kPa}$$

- **Kıyas:** 1.80 > 1.51 → **doymuş** (RH ≈ %120 olurdu) → fazla 0.29 kPa'lık buhar yoğuşur → **sis/bulut**.
- **Kontrol:** B'nin RH'si %78, C'ninki %44 — ikisi de doymamış, karışım doymuş!
- ⚠ **Sık hata:** RH'lerin ortalamasını almak; RH karışmaz, T ve e karışır.

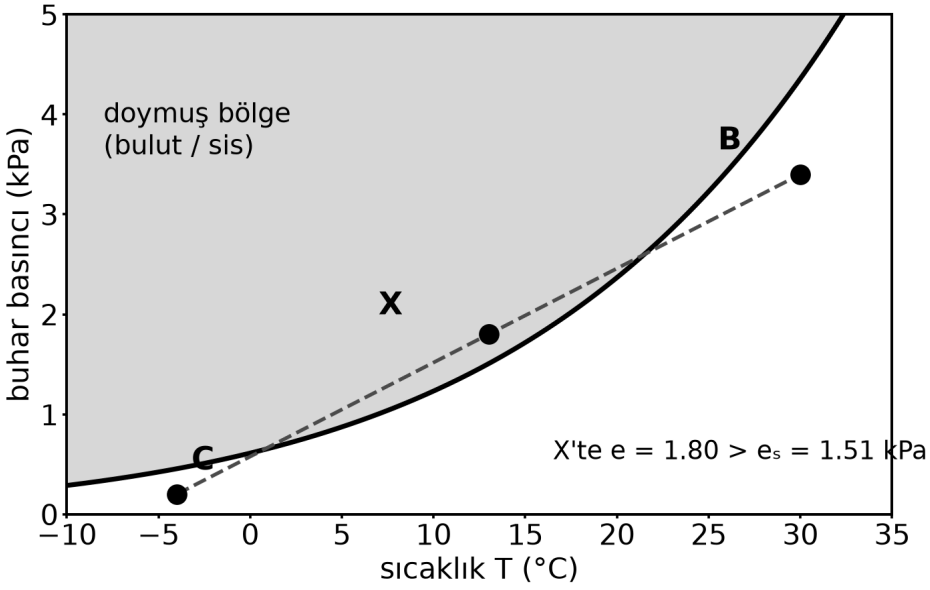
adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Doyma eğrisi bükük olduğu için iki uç arasındaki doğru eğrinin üstüne çıkabilir.

📈 Çözüm — Soru 20 · Grafik

B ve C doymamış; karışım X doğru üzerinde, eğrinin üstünde kalıyor → doymuş



💎 **ÖZ:** Nefes buharı, baca dumanı ve contrail aynı geometrinin örnekleri.

🎯 S21 · Buhar sisi (göl üstü)

tanım

Soru: Göl suyu 15 °C; su yüzeyindeki ince katman doymuş (15 °C). Üstteki hava 0 °C ve RH %80. Bu iki hava (a) 1:1 (b) %30 göl havası + %70 soğuk hava oranında karışırsa sis olur mu?

web'de çöz

e'ler → karışım T, e → e_s(T_X) → RH

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: e_s(15 °C) = 1.717 kPa, e_s(0 °C) = 0.611 kPa.

📋 Ne istiyor? — Soru 21

formül

Ne istiyor? 15 °C göl üstündeki doymuş hava ile 0 °C, RH %80 soğuk hava eşit ya da %30–%70 oranında karışırsa sis olup olmadığı.

Soru tipi: Hesap · buhar sisi (göl)

animasyon

- *steam fog (arctic sea smoke)* → buhar sisi · soğuk hava ılık su üstünde karışır
- *relative humidity of the mixture* → karışımın bağıl nemi · RH = e_X / e_s(T_X)

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Göl suyu 15 °C»* → Yüzey katmanı 15 °C'de doymuş. → **e_s = 1.717 kPa**
- *«Üstteki hava 0 °C ve RH %80»* → e = 0.8·e_s(0 °C). → **T_X, e_X = 0 °C, 0.489 kPa**
- *«(a) 1:1»* → Eşit kütleli karışım. → **m_B, m_C = 0.5 / 0.5**
- *«%30 göl havası + %70 soğuk hava»* → Ağırlıklı karışım. → **m_B, m_C = 0.3 / 0.7**

- *«sis olur mu?»* → RH > %100 mü bakılacak. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · buhar sisi (göl)

📋 Hangi formül? — Soru 21 (1/2)

Karışma (ağırlıklı ortalama) — İki hava karışıyor; T ve e ağırlıklı ortalanır, sonra RH = e/e_s(T) bulunur.

terimler

türetim

$$T_X = \frac{m_B T_B + m_C T_C}{m_X} \qquad e_X = \frac{m_B e_B + m_C e_C}{m_X}$$

T_X, e_X: karışım sıcaklığı, buhar basıncı · m_B, m_C: parsel kütleleri, kg · m_X: = m_B + m_C

💎 **ÖZ:** Karışma (ağırlıklı ortalama)

📋 Hangi formül? — Soru 21 (2/2)

Doyma buhar basıncı (su) — Karışım sıcaklığındaki e_s, doyma eşiğidir.

$$e_s = 0.611 \exp\left[5423 \left(\frac{1}{273.15} - \frac{1}{T}\right)\right]$$

e_s: doyma buhar basıncı, kPa · T: sıcaklık, K · 5423 K: L/$\Re_v$, su üzerinde

---

💎 **ÖZ:** Doyma buhar basıncı (su)

📋 Adım adım — Soru 21 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **uçlar** — İki havanın e'sini bul. → **1.717 ve 0.489 kPa**
2. **(a) eşit** — 0.5/0.5 ağırlıkla T ve e; e_s(7.5) ile RH. → **RH ≈ %106 → sis**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 21 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) 30/70** — 0.3 göl + 0.7 soğuk ağırlıkla aynı işlem. → **RH ≈ %102** → **ince sis**
4. **yorum** — Sis yoğunluğunu ve mevsimi yorumla. → **fark büyük** → **sis yoğun**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** RH'leri ortalamak; T ve e ağırlıklı ortalanır, oran (0.3/0.7) ikisine de uygulanır.

💎 **ÖZ:** Plan: uçlar → (a) eşit → (b) 30/70 → yorum

✓ Çözüm — Soru 21

sınav cevabı

- **Uçlar:** göl havası e = **1.717** kPa · soğuk hava e = 0.8 × 0.611 = **0.489** kPa.
- **(a) 1:1:** T = 7.5 °C · e = 1.103 kPa · e_s(7.5) = 1.039 kPa → RH ≈ **%106** → **sis**.
- **(b) 3:7:** T = 4.5 °C · e = 0.857 kPa · e_s(4.5) = 0.843 kPa → RH ≈ **%102** → **ince sis**.
- **Yorum:** soğuk hava ne kadar soğuk ve sıcaklık farkı ne kadar büyükse sis o kadar yoğun. Kalınlık genelde < 1 m civarı (slayt: 2–3 ft).
- **Mevsim:** sonbahar sabahları, göl yazdan ılık kalmışken.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Buhar sisi = buharlaşma ile nem ekleme + karışma ile doyma.

🎯 S22 · Çiy mi, kırağı mı?

tanım

Soru: Havanın çiğ noktası (su üzerinde) −4 °C. (a) Havanın buhar basıncı? (b) Don noktası? (c) Yüzey −5 °C'ye soğursa ne oluşur? (d) Yüzey yalnız −3 °C'ye inerse?

web'de çöz

e → T_f (6139 K) → kıyas

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: buz için 5423 yerine 6139 K.

📋 Ne istiyor? — Soru 22

formül

Ne istiyor? T_d = −4 °C (su üzerinde) havanın e'si, don noktası T_f ve yüzey −5 °C ya da −3 °C'ye soğursa ne oluşacağı.

Soru tipi: Hesap · çiy mi kırağı mı

diyagram

- *frost point* → don noktası · buz için $L/\Re_v$ = 6139 K
- *hoarfrost (deposition)* → kırağı (depozisyon) · yüzey < T_f → buhar doğrudan buza

---

💎 **ÖZ:** Hesap · çiy mi kırağı mı

📋 Verilenler — Soru 22

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«çiğ noktası (su üzerinde) −4 °C»* → Buhar basıncı $e_s(-4\ °C)$'ye eşit. → **e = 0.455 kPa**
- *«Havanın buhar basıncı?»* → e istenir. → **istenen**
- *«Don noktası?»* → Buza göre doyma sıcaklığı T_f. → **T_f**
- *«Yüzey −5 °C'ye soğursa»* → Yüzey T_f'nin altında. → **koşul = −5 °C**
- *«Yüzey yalnız −3 °C'ye inerse?»* → Yüzey T_f'nin üstünde. → **koşul = −3 °C**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 22 (1/2)

Don noktası (buz üzerinde) — Soru don noktasını istiyor; e'den buz üzerindeki doyma sıcaklığını veren kalıp bu.

terimler

türetim

$$T_f = \left[\frac{1}{T_0} - \frac{\Re_v}{L_d} \ln \frac{e}{e_0} \right]^{-1}$$

T_f: don noktası, K · L_d/ℜᵥ: = 6139 K (buz) · e: havanın buhar basıncı, kPa · e₀, T₀: 0.611 kPa, 273.15 K

💎 **ÖZ:** Don noktası (buz üzerinde)

📋 Hangi formül? — Soru 22 (2/2)

Doyma buhar basıncı (su) — (a) şıkkı: çiğ noktası su üzerinde verildiği için e, 5423 K ile bulunur.

$$e_s = 0.611 \exp\left[5423 \left(\frac{1}{273.15} - \frac{1}{T}\right)\right]$$

e_s: doyma buhar basıncı, kPa · T: sıcaklık, K · 5423 K: L/$\Re_v$, su üzerinde

---

💎 **ÖZ:** Doyma buhar basıncı (su)

📋 Adım adım — Soru 22 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) e** — T_d'de su üzerindeki e_s'yi bul (5423 K). → **e = 0.455 kPa**
2. **(b) T_f** — ln(e/e_0)'ı al, 6139 K ile T_f'yi çöz. → **T_f = 269.6 K = −3.5 °C**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 22 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(c) −5** — −5 < −3.5 → e_s,buz(−5)'i e ile kıyasla. → **kırağı oluşur**
4. **(d) −3** — −3 > −3.5 → aynı kıyas. → **hiçbir şey oluşmaz**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** 0 °C altında da 5423 K kullanmak; buz yüzeyi için L_d/$\Re_v$ = 6139 K.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) e → (b) T_f → (c) −5 → (d) −3

✓ Çözüm — Soru 22

sınav cevabı

- **(a)** $e = e_{s,su}(-4\ °C) = 0.611 \cdot \exp[5423(1/273.15 - 1/269.15)] = \mathbf{0.455\ kPa}$.
- **(b)** $\ln(0.455/0.611) = -0.295$:

$$\frac{1}{T_f} = \frac{1}{273.15} + \frac{0.295}{6139} \Rightarrow T_f = 269.6\ \mathrm{K}$$

- yani don noktası **−3.5 °C**.
- **(c) −5 °C < −3.5 °C** → $e_{s,buz}(-5) = 0.402 < 0.455$ → buhar doğrudan buza: **kırağı** (hoarfrost).
- **(d) −3 °C > T_f** → $e_{s,buz}(-3) = 0.476 > 0.455$ → **hiçbir şey oluşmaz**.
- ⚠ **Sık hata:** 0 °C altında da 5423 K kullanmak; buz yüzeyi için 6139 K.

adım adım

💎 **ÖZ:** T_f > T_d (0 °C altında): yüzey önce don noktasına ulaşır → kırağı.

🎯 S23 · Sis dağılması ve rüzgâr

tanım

Soru: (a) Sisi dağıtan üç süreç? (b) Adveksiyon sisinde rüzgâr < 3 kt, 3–9 kt ve > 9 kt iken ne olur? (c) Havalimanında görüş hangi değerin altına inince düşük görüş işlemleri (LVP) başlar?

web'de çöz

(a) üç süreç · (b) üç hız bandı · (c) eşik

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: oluşumun tersi = dağılma.

📋 Ne istiyor? — Soru 23

formül

Ne istiyor? Sisi dağıtan üç süreç, adveksiyon sisinde üç rüzgâr bandının etkisi ve LVP'nin başladığı görüş eşiği.

Soru tipi: Kavram · sis dağılması ve LVP

animasyon

- *the fog dissipates / burns off* → sis dağılır / güneşle dağılır · ısınma, nem kaybı, karışma
- *low-visibility procedures (LVP)* → düşük görüş işlemleri · görüş ≈ 600 m altında

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Sisi dağıtan üç süreç?»* → Dağılma mekanizmaları istenir. → **istenen**
- *«rüzgâr < 3 kt, 3–9 kt ve > 9 kt»* → Üç rüzgâr aralığı kıyaslanacak. → **koşul = 3 kt, 9 kt**
- *«düşük görüş işlemleri (LVP) başlar?»* → LVP eşik görüşü istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Kavram · sis dağılması ve LVP

📋 Hangi formül? — Soru 23

Kullanılacak bilgi: Sis, T – T_d farkını büyüten her süreçle dağılır: ısınma, nem kaybı, güçlü karışma. LVP eşiği görüş ≈ 600 m.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Sis, T – T_d farkını büyüten her süreçle dağılır: ısınma, ne

📋 Adım adım — Soru 23

Adımlar — kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) 3 yol** — Oluşumun tersini yaz. → **ısınma • nem kaybı • karışma**
2. **(b) rüzgâr** — Üç bandı yaz. → **3–9 kt ideal; > 9 kt stratus**
3. **(c) LVP** — Havalimanı eşiğini yaz. → **≈ 600 m**

1. adım

2. adım

3. adım

⚠️ **Tuzak:** Rüzgârın her zaman sisi dağıttığını sanmak; 3–9 kt sisi derinleştirir, > 9 kt stratusa çevirir.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) 3 yol → (b) rüzgâr → (c) LVP

✓ Çözüm — Soru 23

sınav cevabı

- **(a)** ① **Isınma** (güneş, ılık yüzeye adveksiyon, inen havada adyabatik ısınma) ② **nem kaybı** (yağış, cephe geçişi, kuru hava sürüklenmesi) ③ **karışma** (rüzgâr artışı, yüzey ısınması).
- **(b)** < 3 kt: **sığ** sis · 3–9 kt: **derin sis için ideal** · > 9 kt: karışma çok → **stratus**.
- **(c)** Görüş ≈ **600 m** altında **LVP**: kalkış/iniş aralıkları açılır, gecikme ve iptal.
- **Uydu:** sis görünür kanalda beyaz; kızılötesinde yer ile aynı sıcaklıkta olduğu için seçilemeyebilir.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Sis, T – T_d farkını büyüten her süreçle dağılır.

GB K4 · Bölüm terimleri (1/2)

- **radiation fog** (n) ışınım sisi
- **advection fog** (n) adveksiyon sisi
- **steam fog** (n) buhar sisi — *steam fog over a lake*
- **dew / frost** (n) çiy / kırağı
- **frost point** (n) don noktası

💎 **ÖZ:** dew = sıvı, frost = buz (deposition).

GB K4 · Bölüm terimleri (2/2)

- **visibility** (n) görüş mesafesi
- **dissipate** (v) dağılmak — *the fog dissipates*
- **burn off** (phr v) güneşle dağılmak
- **deposition** (n) depozisyon (buhar → buz)

*Güneş yeri ısıtınca sis **alttan dağılır**.*

The fog **burns off** from the ground up as the sun warms the surface.

💎 **ÖZ:** Phrasal verb: burn off = güneşle dağılmak.

K5 · Higroskopiklik ve çözelti buhar basıncı

📌 K5 · Higroskopiklik — Ne? Nerede? Sınavda ne yazılır?

- **Ne?** Çözünen bir katı, havadaki buhar basıncı **doygun çözeltisinin** buhar basıncından büyükse nem çeker ve eriyik olur (deliquescence).
- **Neden?** Çözeltinin buhar basıncı saf sudan **düşüktür** (Raoult). Her tuzun bir **kritik RH**'si var.
- **Nerede?** Deniz tuzu ve amonyum sülfat **CCN** olur; RH < %100'de bile şişen damlacıklar (haze) görüşü düşürür. Gübre ve tuz depolamada topaklanma.
- **Sınavda yaz:** kritik RH = p(doygun çözelti) / p(saf su).

💎 **ÖZ:** Higroskopik = doygun çözeltisinin buhar basıncı havadakinden düşük olan katı.

📐 Kritik bağıl nem (DRH)

$$RH_{kr} = \frac{p_{\text{sat,sol}}}{p_{\text{w}}} \times 100\%$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- p_sat,sol: doygun çözeltinin buhar basıncı.
- p_w: aynı sıcaklıkta saf su (25 °C'de 23.76 mmHg).

💎 **ÖZ:** Havanın RH'si > RH_kr ise katı nem çeker; < ise nemli katı kurur.

📐 Clausius–Clapeyron (iki nokta)

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{Q}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- Q: net ısı etkisi, J/mol · Q = Q_1 – S·Q_2 (buharlaşma – çözünme).
- R = 8.314 J mol^{-1} K^{-1} · T: **K**.

💎 **ÖZ:** ln P ile 1/T doğrusal; eğim –Q/R.

📐 Saf su ve çözelti üzerinde e_s

$$e_s = e_0 \, \exp\left[\frac{L_v}{\Re_v}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)\right] \qquad e = x_w \, e_s$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- e_0 = 0.611 kPa · $L_v/\Re_v$ = 5423 K · T_0 = 273.15 K.
- x_w: çözeltide suyun mol kesri (Raoult).

💎 **ÖZ:** Her 1 K ısınmada e_s ≈ %6–7 artar.

🎯 S24 · Hangi tuz nem çeker?

tanım

Soru: 25 °C'de saf su 23.76 mmHg. Doygun çözeltiler (mmHg): $NaNO_3$ 17.68 · NH_4NO_3 14.73 · $(NH_4)_2SO_4$ 19.26 · KCl 20.20 · üre 18.39 · KNO_3 22.22. Hava RH %78 ise hangileri nem çeker?

web'de çöz

e_hava → her tuzun kritik RH'si → kıyas

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: e_hava = 0.78 × 23.76.

📋 Ne istiyor? — Soru 24

formül

Ne istiyor? 25 °C'de RH %78 olan havada altı tuzdan hangilerinin nem çektiği (doygun çözelti buhar basınçlarıyla).

Soru tipi: Hesap · kritik RH, nem çekme

animasyon

- *hygroscopic* → nem çekici (higroskopik) · p(doygun çözelti) < e_hava ise nem çeker
- *deliquescence relative humidity* → kritik bağıl nem (DRH) · RH_kr = p_sat,sol / p_w

---

💎 **ÖZ:** Hesap · kritik RH, nem çekme

📋 Verilenler — Soru 24

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«25 °C'de saf su 23.76 mmHg»* → Saf suyun doyma basıncı. → **p_w = 23.76 mmHg**
- *«Doygun çözeltiler (mmHg)»* → Her tuzun doygun çözelti basıncı. → **p_sat,sol = 14.73–22.22 mmHg**
- *«Hava RH %78»* → Havadaki buhar basıncı 0.78·p_w. → **RH_kr = %78**
- *«hangileri nem çeker?»* → RH_kr < %78 olan tuzlar. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 24

Kritik bağıl nem (DRH) — Soru «hangileri nem çeker?» diyor; her tuzun eşiğini havanın RH'siyle kıyaslatan kalıp bu.

terimler

türetim

$$RH_{kr} = \frac{p_{\text{sat,sol}}}{p_{\text{w}}} \times 100\%$$

RH_kr: kritik bağıl nem, % · p_sat,sol: doygun çözeltinin buhar basıncı · p_w: saf su, aynı sıcaklıkta

---

💎 **ÖZ:** Formül: Kritik bağıl nem (DRH)

📋 Adım adım — Soru 24 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **e_hava** — Havanın buhar basıncını bul. → **e_hava = 18.53 mmHg**
2. **çeker** — p < 18.53 olanları seç; kritik RH'lerini yaz. → **$NaNO_3$ · NH_4NO_3 · üre**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 24 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **çekmez** — p > 18.53 olanları ayır. → **$(NH_4)_2SO_4$ · KCl · KNO_3**
4. **yorum** — En higroskopiği seç, bulutla bağla. → **en higroskopik NH_4NO_3**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Büyük buhar basıncını «daha higroskopik» sanmak; tersi, p küçükse nem çeker.

💎 **ÖZ:** Plan: e_hava → çeker → çekmez → yorum

✓ Çözüm — Soru 24

sınav cevabı

- **e_hava** = 0.78 × 23.76 = **18.53 mmHg**. p(çözelti) < 18.53 olan nem çeker.
- **Çeker:** $NaNO_3$ (17.68 → RH_kr %74.4) · NH_4NO_3 (14.73 → **%62.0**) · üre (18.39 → %77.4).
- **Çekmez:** $(NH_4)_2SO_4$ (%81.1) · KCl (%85.0) · KNO_3 (%93.5).
- **Yorum:** en higroskopik NH_4NO_3 (en düşük kritik RH). Amonyum sülfat bulutta CCN olarak ≈ %80'de eriyik olur.
- ⚠ **Sık hata:** büyük buhar basıncını "daha higroskopik" sanmak; tersi.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Düşük p(doygun çözelti) = düşük kritik RH = daha higroskopik.

🎯 S25 · Çözelti için Clausius–Clapeyron

tanım

Soru: Doygun $NaNO_3$ çözeltisinin buhar basıncı 20 °C'de 13.06, 30 °C'de 23.46 mmHg. (a) Q'yu bulun. (b) 27 °C'deki değeri tahmin edin (ölçülen 19.81 mmHg). (c) Q'yu suyun buharlaşma ısısıyla kıyaslayın.

web'de çöz

$\ln(P_2/P_1) \rightarrow Q/R \rightarrow Q \rightarrow P(27\ °C)$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: T'ler Kelvin: 293.15 ve 303.15 K.

📋 Ne istiyor? — Soru 25

formül

Ne istiyor? Doygun $NaNO_3$ çözeltisinin 20 ve 30 °C basınçlarından Q, 27 °C'deki basınç tahmini ve Q'nun suyun buharlaşma ısısıyla kıyası.

Soru tipi: Hesap · iki nokta Clausius–Clapeyron

diyagram

- *Clausius–Clapeyron equation* → Clausius–Clapeyron denklemi · $\ln(P_2/P_1) = (Q/R)(1/T_1 - 1/T_2)$
- *heat of vaporization* → buharlaşma ısısı · su: $L_v \cdot M \approx 45$ kJ/mol

---

💎 **ÖZ:** Hesap · iki nokta Clausius–Clapeyron

📋 Verilenler — Soru 25

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«20 °C'de 13.06»* → Birinci nokta. → **P_1, P_2 = 13.06 mmHg, T_1 = 293.15 K**
- *«30 °C'de 23.46 mmHg»* → İkinci nokta. → **T_1, T_2 = 23.46 mmHg, T_2 = 303.15 K**
- *«Q'yu bulun»* → Buharlaşma ısısı istenir. → **Q**
- *«27 °C'deki değeri tahmin edin»* → Aynı denklemle 300.15 K'de P. → **istenen = 300.15 K**
- *«ölçülen 19.81 mmHg»* → Tahminin kıyaslanacağı değer. → **koşul = 19.81 mmHg**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 25

Clausius–Clapeyron (iki nokta) — İki sıcaklıkta basınç verilmiş, Q ve ara sıcaklık isteniyor; ln P ile 1/T'yi bağlayan kalıp bu.

terimler

türetim

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{Q}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

P_1, P_2: buhar basınçları, aynı birim · Q: net ısı etkisi, J/mol · R: = 8.314 J mol^{-1} K^{-1} · T_1, T_2: sıcaklıklar, K

💎 **ÖZ:** Formül: Clausius–Clapeyron (iki nokta)

📋 Adım adım — Soru 25 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **Q/R** — ln(P_2/P_1)'i ($1/T_1 - 1/T_2$)'ye böl. → **Q/R = 5205 K**
2. **(a) Q** — Q/R'yi R ile çarp. → **Q ≈ 43.3 kJ/mol**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 25 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) 27 °C** — P_1 ve Q/R ile 300.15 K'deki basıncı hesapla. → **19.76 mmHg (%0.3 fark)**

3. adım

4. **(c) kıyas** — Suyun buharlaşma ısısını mol başına hesapla. → **Q biraz küçük (43 < 45)**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** T'leri °C almak; 1/T farkı Kelvin ile hesaplanır, °C ile sonuç tamamen yanlış.

💎 **ÖZ:** Plan: Q/R → (a) Q → (b) 27 °C → (c) kıyas

✓ Çözüm — Soru 25

sınav cevabı

$$\frac{Q}{R} = \frac{\ln(23.46/13.06)}{1/293.15 - 1/303.15}$$

- = 0.586 / 1.125×10⁻⁴ = **5205 K**.
- **(a)** Q = 5205 × 8.314 ≈ **43.3 kJ/mol**.
- **(b)** P(27 °C) = 13.06 · exp[5205 (1/293.15 – 1/300.15)] = **19.76 mmHg** → ölçümden yalnız %0.3 fark.
- **(c)** Saf su: $L_v \cdot M$ = 2.5×10⁶ × 0.018 ≈ **45 kJ/mol**. Q biraz küçük: çözünme ısısı ve çözünürlüğün sıcaklıkla değişimi ($Q = Q_1 - S \cdot Q_2$).
- **Bu yüzden:** iki ölçümle ara sıcaklıklar güvenle hesaplanır (makalenin yöntemi).

adım adım

💎 **ÖZ:** İki nokta → Q → aradaki her sıcaklık. Kelvin'siz hesap yanlış.

🎯 S26 · e_s'nin sıcaklıkla artışı ve Raoult

tanım

Soru: (a) e_s'yi 10, 20, 30 °C için bulun; her 1 K'de yüzde kaç artar? (b) Suyun mol kesri 0.95 olan çözelti damlası 20 °C'de hangi RH'de dengededir?

web'de çöz

(a) üç e_s + oran · (b) e = x_w e_s

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: $d(\ln e_s)/dT = (L_v/\Re_v)/T^2$.

📋 Ne istiyor? — Soru 26

formül

Ne istiyor? 10, 20, 30 °C'de e_s ve 1 K başına yüzde artış; mol kesri 0.95 olan çözelti damlasının 20 °C'de dengede olduğu RH.

Soru tipi: Hesap · $e_s(T)$ artışı ve Raoult

animasyon

- *saturation vapor pressure* → doyma buhar basıncı · $e_s = 0.611 \exp[5423(1/273.15 - 1/T)]$
- *mole fraction of water* → suyun mol kesri · Raoult: $e = x_w \cdot e_s$

💎 **ÖZ:** Hesap · $e_s(T)$ artışı ve Raoult

📋 Verilenler — Soru 26

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«e_s'yi 10, 20, 30 °C için bulun»* → Üç sıcaklıkta doyma basıncı. → **e_0, T_0 = 283.15, 293.15, 303.15 K**
- *«her 1 K'de yüzde kaç artar?»* → Clausius-Clapeyron bağıl artışı. → **d ln e_s/dT**
- *«Suyun mol kesri 0.95»* → Raoult: e = x_w·e_s. → **x_w = 0.95**
- *«hangi RH'de dengededir?»* → Denge RH istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 26 (1/2)

e_s ve Raoult — Soru e_s'nin T ile artışını ve çözelti üstündeki dengeyi istiyor; ikisini veren kalıplar bunlar.

terimler

türetim

$$e_s = e_0 \exp\left[\frac{L_v}{\Re_v}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)\right] \qquad e = x_w\, e_s$$

e_0, T_0: 0.611 kPa, 273.15 K · $L_v/\Re_v$: = 5423 K · x_w: suyun mol kesri

---

💎 **ÖZ:** e_s ve Raoult

📋 Hangi formül? — Soru 26 (2/2)

Yüzde artış hızı — «Her 1 K'de yüzde kaç?» sorusu ln e_s'nin türevidir.

$$\frac{d \ln e_s}{dT} = \frac{L_v / \Re_v}{T^2}$$

d ln e_s/dT: 1 K başına kesirsel artış · T: sıcaklık, K

💎 **ÖZ:** Yüzde artış hızı

📋 Adım adım — Soru 26 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **e_s'ler** — Üç sıcaklık için formülü uygula. → **1.23 · 2.37 · 4.36 kPa**
2. **%/K** — Türevi 10 ve 30 °C'de hesapla. → **%6.8/K ve %5.9/K**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 26 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) Raoult** — e = x_w·e$_s$(20 °C). → **RH %95'te denge**
4. **bağ** — Haze ile bağla. → **daha nemli havada büyür**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Raoult'ta e$_s$'yi mol kesrine bölmek; çözelti üstünde e = x_w·e$_s$, yani daha düşük.

💎 **ÖZ:** Plan: e$_s$'ler → %/K → (b) Raoult → bağ

✓ Çözüm — Soru 26

sınav cevabı

- **(a)** $e_s(10) = \mathbf{1.23}$ · $e_s(20) = \mathbf{2.37}$ · $e_s(30) = \mathbf{4.36\ kPa}$ → her 10 K'de ≈ iki katına çıkar.

$$\frac{d \ln e_s}{dT} = \frac{5423}{T^2}$$

- 10 °C'de **%6.8/K**, 30 °C'de **%5.9/K**.

- **(b)** e = 0.95 × 2.37 = **2.25 kPa** → damla **RH %95**'te dengede; daha nemli havada büyür.

- **Bağ:** tuzlu damla RH < %100'de bile var olabilir → **haze**; Köhler eğrisinin sol kolu (K6).

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Sıcaklık e_s'yi üstel artırır; çözünen madde e_s'yi düşürür.

🎯 S27 · Higroskopiklik (kavram)

tanım

Soru: (a) Nem çekme hızını belirleyen beş etken? (b) $NH_4Cl + KNO_3$ karışımının kritik RH'si (%71.2) neden ikisinden de (%79.3, %93.5) düşük ve bu neden önemli? (c) İzoteniskop yönteminin ilkesi?

web'de çöz

(a) beş etken · (b) karışım · (c) ölçüm ilkesi

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: makalenin girişindeki (1)–(5) listesi.

📋 Ne istiyor? — Soru 27

formül

Ne istiyor? Nem çekme hızını belirleyen beş etken, NH_4Cl + KNO_3 karışımının kritik RH'sinin neden düşük olduğu ve izoteniskop ilkesi.

Soru tipi: Kavram · higroskopiklik

animasyon

- *rate of moisture absorption* → nem çekme hızı · fark, T, yüzey, hava hızı, sabit
- *isoteniscope method* → izoteniskop yöntemi · U-boru seviyeleri eşit → p ölçülür

---

💎 **ÖZ:** Kavram · higroskopiklik

📋 Verilenler — Soru 27

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Nem çekme hızını belirleyen beş etken?»* → Beş etken sayılacak. → **istenen**
- *«kritik RH'si (%71.2)»* → Karışımın RH_kr'si. → **koşul = %71.2**
- *«(%79.3, %93.5)»* → Tek tek tuzların RH_kr'leri. → **koşul = %79.3, %93.5**
- *«İzoteniskop yönteminin ilkesi?»* → Ölçüm ilkesi istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 27

Kullanılacak bilgi: Çözünen suyun mol kesrini düşürür → buhar basıncı düşer → kritik RH düşer. Karışımda iki çözünen olduğu için düşüş daha büyük.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Çözünen suyun mol kesrini düşürür → buhar basıncı düşer → kr

📋 Adım adım — Soru 27 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) etken** — Beş etkeni say. → **fark** • **T** • **yüzey** • **hız** • **sabit**
2. **(b) neden** — Mol kesrinin düşüşünü bağla. → **karışım daha higroskopik**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 27 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **önem** — Pratik sonucu yaz. → **depolamada topaklanma**
4. **(c) ölçüm** — İzoteniskop ilkesini yaz. → **manometre = çözelti p'si**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Karışımın kritik RH'sini iki tuzun ortalaması sanmak; karışımınki ikisinden de düşüktür.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) etken → (b) neden → önem → (c) ölçüm

✓ Çözüm — Soru 27

sınav cevabı

- **(a)** ① havadaki buhar basıncı ile doygun çözeltininki arasındaki **fark** ② **sıcaklık** ③ açıktaki **yüzey** ④ nemli havanın **hızı** ⑤ maddeye özgü "tepkime sabiti".
- **(b)** İki tuz birlikte çözününce suyun mol kesri daha çok düşer → buhar basıncı daha düşük → karışım **daha kolay** nem çeker. Karışık gübre, tek bileşenden hızlı topaklanır.
- **(c)** Tuz + su dolu hazne havası alınıp kaynatılır; yağ dolu U-borudaki seviyeler eşitlenene kadar hazneye hava verilir → manometre = **doygun çözeltinin buhar basıncı**.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Karışım = daha düşük kritik RH = daha higroskopik.

GB K5 · Bölüm terimleri (1/2)

- **hygroscopic** (adj) nem çekici — *a hygroscopic salt*
- **saturated solution** (n) doygun çözelti
- **vapor pressure** (n) buhar basıncı
- **deliquescence** (n) nem çekip eriyik olma

💎 **ÖZ:** hygro- = nem · -scopic = gözleyen/çeken.

GB K5 · Bölüm terimleri (2/2)

- **solute / solvent** (n) çözünen / çözücü
- **mole fraction** (n) mol kesri
- **heat of solution** (n) çözünme ısısı
- **absorb moisture** (v) nem çekmek

*Bir katı, havadaki buhar basıncı doygun çözeltininkinden **yüksekse nem çeker**.*

A solid **absorbs moisture** when the vapor pressure of the air is higher than that of its saturated solution.

💎 **ÖZ:** Kalıp: "A solid absorbs moisture when...".

K6 · Çekirdeklenme: Kelvin, Köhler, CCN

📌 K6 · Çekirdeklenme — Ne? Nerede? Sınavda ne yazılır?

- **Ne?** Buhardan damla doğması. **Homojen:** saf buhardan, yüzlerce % RH ister. **Heterojen:** CCN üstünde; atmosferde olan budur.
- **Eğrilik (Kelvin):** küçük damlanın yüzeyinden molekül kolay kaçar → e_s **yüksek**.
- **Çözünen (Raoult):** tuz suyun buhar basıncını **düşürür**.
- **Köhler = ikisi birlikte:** tepe noktası = kritik yarıçap R*, kritik aşırı doymuşluk S*. R > R* → **aktive**, serbest büyür.
- **Sınavda yaz:** "without CCN, clouds would need RH of several hundred percent".

💎 **ÖZ:** Eğrilik engel olur, çözünen yardım eder; tepeyi aşan damla bulut damlası olur.

📐 Kelvin (eğrilik) etkisi

$$RH\% = 100\% \cdot \exp\left[\frac{c_1}{T\,R}\right]$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- $c_1 = 2\sigma/(\rho_m\, k_B)$ = **0.334 µm K** · R: **µm** · T: **K**.
- $\sigma \approx 0.076$ N/m · $\rho_m = 3.34\times10^{28}$ molekül/m³.

💎 **ÖZ:** R küçüldükçe gereken RH üstel artar.

📐 Köhler eğrisi (eğrilik + çözünen)

$$\frac{e^*}{e_s} = \exp\left[\frac{c_1}{T\,R} - \frac{c_2\,i\,m_s}{M_s\,R^3}\right]$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- c_1 = 3.34×10⁻⁷ m K · c_2 = 4.3×10⁻⁶ m³/mol.
- i: iyon sayısı · m_s: kg · M_s: kg/mol · R: m.

💎 **ÖZ:** Küçük R'de çözünen, büyük R'de eğrilik baskın.

📐 Kritik yarıçap ve aşırı doymuşluk

$$R^* = \sqrt{\frac{3c_2\, i\, m_s\, T}{c_1 M_s}} \qquad S^* = \sqrt{\frac{4c_1^3 M_s}{27\, c_2\, i\, m_s\, T^3}}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- S*: boyutsuz (×100 → %).
- m_s büyük → S* küçük.

💎 **ÖZ:** Kısa yol: S* = (2/3)·c₁/(T·R*).

📐 Aktif CCN sayısı ve damla aralığı

$$N_{CCN} = c \cdot S^{\,k} \qquad x = \left(\frac{1}{N_{CCN}}\right)^{1/3}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- S: % cinsinden sayı (%0.5 → 0.5).
- Kara c = 6×10⁸ m^{-3}, k = 0.5 · deniz 10⁸, 0.7.

💎 **ÖZ:** 1/N = damla başına hacim; küp kökü = damlalar arası uzaklık.

🎯 S28 · Kelvin (örnek soru)

tanım

Soru: 0 °C'deki bir bulutta yarıçapı 0.03 µm olan saf su damlasının büyüyebilmesi için RH en az kaç olmalı? Aynı soruyu R = 1 µm için yanıtlayın.

web'de çöz

$c_1/(T\,R) \rightarrow \exp \rightarrow RH$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: µm ile µm sadeleşir; T = 273 K.

📋 Ne istiyor? — Soru 28

formül

Ne istiyor? 0 °C bulutta R = 0.03 µm ve R = 1 µm saf su damlasının büyüyebilmesi için gereken en düşük RH.

Soru tipi: Hesap · Kelvin etkisi

diyagram

- *curvature (Kelvin) effect* → eğrilik (Kelvin) etkisi · RH = 100%·exp[c_1/(T R)]
- *droplets smaller than this evaporate* → bundan küçük damlalar buharlaşır · RH eşiğin altındaysa damla küçülür

---

💎 **ÖZ:** Hesap · Kelvin etkisi

📋 Verilenler — Soru 28

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«0 °C'deki bir bulutta»* → T = 273.15 K. → **T = 273.15 K**
- *«yarıçapı 0.03 μm olan saf su damlasının»* → Çözünen yok, yalnız eğrilik etkisi. → **R = 3×10⁻⁸ m**
- *«RH en az kaç olmalı?»* → Denge RH istenir. → **istenen**
- *«R = 1 μm için»* → İkinci yarıçap. → **R = 1×10⁻⁶ m**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 28

Kelvin (eğrilik) etkisi — Soru saf damlanın büyümesi için gereken RH'yi istiyor; eğrilik etkisini veren kalıp bu.

terimler

türetim

$$RH\% = 100\% \cdot \exp\left[\frac{c_1}{T\,R}\right]$$

RH: damlayla dengedeki bağıl nem, % · c₁: = 0.334 µm K · T: sıcaklık, K · R: damla yarıçapı, µm

---

💎 **ÖZ:** Formül: Kelvin (eğrilik) etkisi

📋 Adım adım — Soru 28 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **üs** — c_1/(T R)'yi bul; µm sadeleşir. → **üs = 0.0408**
2. **RH** — Üssü exp'e koy, 100 ile çarp. → **RH = %104.16**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 28 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **R = 1 µm** — Aynı işlemi R = 1 µm için yap. → **RH = %100.12**
4. **yorum** — Eşiği yorumla. → **küçük damla buharlaşır**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** R'yi metreye çevirip c_1'i µm bırakmak; üs 10^6 kat şişer.

💎 **ÖZ:** Plan: üs → RH → R = 1 µm → yorum

✓ Çözüm — Soru 28

sınav cevabı

$$RH = 100\% \cdot \exp\left[\frac{0.334}{273 \times 0.03}\right]$$

- = 100% × e^0.0408 = **%104.16**.
- **R = 1 µm:** üs 0.334/273 = 0.00122 → **%100.12**.
- **Yorum:** eğri damlalarda RH = %104'ün altında 0.03 µm'lik damla **buharlaşır**, üstünde büyür. 1 µm'de etki neredeyse yok.
- ⚠ **Sık hata:** R'yi metreye çevirip c_1'i µm bırakmak → üs 10^6 kat şişer.
- **Sınavda yaz:** "droplets smaller than this evaporate".

adım adım

💎 **ÖZ:** Kelvin etkisi yalnız < 0.1 µm'de büyük; bulut damlası boyunda (10 µm) ihmal edilir.

🎯 S29 · Homojen çekirdeklenme neden olmaz?

tanım

Soru: Saf su damlası R = 0.01 µm ve R = 0.001 µm iken 0 °C'de gereken RH'yi ve damladaki molekül sayısını bulun ($\rho_m = 3.34\times10^{28}$ m^{-3}). Sonuç neyi açıklar?

web'de çöz

RH (Kelvin) · $n = \rho_m\cdot(4/3)\pi R^3$ · yorum

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: R'yi molekül sayısı için metreye çevir.

📋 Ne istiyor? — Soru 29

formül

Ne istiyor? R = 0.01 ve 0.001 μm saf su damlası için 0 °C'de gereken RH, damladaki molekül sayısı ve sonucun açıkladığı şey.

Soru tipi: Hesap · homojen çekirdeklenme

animasyon

- *homogeneous nucleation* → homojen çekirdeklenme · parçacıksız, saf buhardan; yüzlerce % RH
- *number of molecules in the droplet* → damladaki molekül sayısı · n = ρ_m·(4/3)πR³, R metre

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«R = 0.01 μm ve R = 0.001 μm»* → İki çok küçük yarıçap. → **R = 10⁻⁸ m, 10⁻⁹ m**
- *«0 °C'de gereken RH'yi»* → Kelvin denklemiyle RH. → **RH = T = 273.15 K**
- *«ρ_m = 3.34×10²⁸ m⁻³»* → Birim hacimdeki su molekülü. → **ρ_m = 3.34×10²⁸ m⁻³**
- *«damladaki molekül sayısını»* → n istenir. → **n**

- *«Sonuç neyi açıklar?»* → Homojen çekirdeklenmenin imkânsızlığı. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · homojen çekirdeklenme

📋 Hangi formül? — Soru 29 (1/2)

Kelvin (eğrilik) etkisi — Damlanın büyümesi için gereken RH'yi eğrilik etkisi verir.

terimler

türetim

$$RH\% = 100\% \cdot \exp\left[\frac{c_1}{T\,R}\right]$$

RH: damlayla dengedeki bağıl nem, % · c₁: = 0.334 µm K · T: sıcaklık, K · R: damla yarıçapı, µm

---

💎 **ÖZ:** Kelvin (eğrilik) etkisi

📋 Hangi formül? — Soru 29 (2/2)

Molekül sayısı — Damlanın kaç molekülden oluştuğu = hacim × molekül yoğunluğu.

$$n = \rho_m \frac{4}{3}\pi R^3$$

n: molekül sayısı · ρ_m: = 3.34×10^{28} m^{-3} · R: yarıçap, m

---

💎 **ÖZ:** Molekül sayısı

📋 Adım adım — Soru 29 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **R = 0.01** — Kelvin üssünü ve RH'yi bul. → **RH ≈ %113**
2. **n (0.01)** — R'yi metreye çevir, hacmi ρ_m ile çarp. → **n ≈ 1.4×10⁵ molekül**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 29 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **R = 0.001** — Aynı iki işlemi yap. → **RH ≈ %340 · n ≈ 140**
4. **sonuç** — Atmosferle kıyasla. → **bulut yalnız CCN üstünde**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Molekül sayısında R'yi µm bırakmak; ρ_m m^{-3} olduğu için R metre olmalı.

💎 **ÖZ:** Plan: R = 0.01 → n (0.01) → R = 0.001 → sonuç

✓ Çözüm — Soru 29

sınav cevabı

- **R = 0.01 µm:** üs = 0.334/(273×0.01) = 0.122 → RH ≈ **%113** · n = $3.34\times10^{28} \times 4.19\times10^{-24} \approx$ **1.4×10^{5}** molekül.
- **R = 0.001 µm:** üs = 1.22 → RH ≈ **%340** · n ≈ **140** molekül.
- **Yorum:** buhar moleküllerinin rastgele çarpışmasıyla doğan damlacıklar bu kadar küçüktür → **yüzlerce %** RH gerekir. Atmosferde RH nadiren %101'i geçer.
- **Sonuç:** bulutlar yalnız **CCN** üstünde oluşur (heterojen).

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Parçacık olmasaydı bulut olmazdı: slaytın ana cümlesi.

🎯 S30 · Tuzlu damla (Köhler)

tanım

Soru: 10^{-19} kg NaCl (i = 2, M_s = 0.05844 kg/mol) içeren R = 0.1 μm'lik damla 0 °C'de. (a) Kelvin terimi (b) çözünen terimi (c) yalnız çözünenle ve Köhler ile denge RH'si?

web'de çöz

$c_1/(TR) \cdot c_2$ i m_s/(M_s R^3) · iki RH

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: R = 10^{-7} m ⟶ $R^3 = 10^{-21}$ m^3.

📋 Ne istiyor? — Soru 30

formül

Ne istiyor? 10^{-19} kg NaCl taşıyan R = 0.1 µm damlada Kelvin ve çözünen terimleri, yalnız çözünenle ve Köhler ile denge RH'si.

Soru tipi: Hesap · Köhler: tuzlu damla

animasyon

- *solute effect* → çözünen etkisi · c_2 i m_s/(M_s R^3), R metre
- *Köhler curve* → Köhler eğrisi · exp[eğrilik – çözünen]

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«10^{-19} kg NaCl»* → Çözünen kütlesi. → **c_2 = m_s = 10^{-19} kg**
- *«i = 2»* → NaCl iki iyona ayrışır. → **i = 2**
- *«M_s = 0.05844 kg/mol»* → Mol kütlesi. → **c_2 = 0.05844 kg/mol**
- *«R = 0.1 µm'lik damla»* → Damla yarıçapı. → **R = 10^{-7} m**
- *«0 °C'de»* → T = 273.15 K. → **c_1 = 273.15 K**

- *«Köhler ile denge RH'si»* → İki terim birlikte. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · Köhler: tuzlu damla

📋 Hangi formül? — Soru 30

Köhler eğrisi — Tuzlu damlanın denge RH'si soruluyor; eğrilik ve çözüneni birlikte veren kalıp bu.

terimler

türetim

$$\frac{e^*}{e_s} = \exp\left[\frac{c_1}{T\,R} - \frac{c_2\,i\,m_s}{M_s\,R^3}\right]$$

c_1: = 3.34×10⁻⁷ m K · c_2: = 4.3×10⁻⁶ m³/mol · i: iyon sayısı (NaCl: 2) · R: yarıçap, m

---

💎 **ÖZ:** Formül: Köhler eğrisi

📋 Adım adım — Soru 30 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) Kelvin** — $c_1/(T\,R)$ terimini R metre ile hesapla. → **0.01223**
2. **(b) tuz** — c_2 i m_s/(M_s R^3) terimini hesapla. → **0.01472**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 30 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(c) RH** — Yalnız çözünen: 1 – terim; Köhler: exp(fark). → **%98.53 ve %99.75**
4. **yorum** — Damlanın türünü yaz. → **haze (pus) damlası**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Kelvin teriminde R'yi µm, çözünen teriminde metre almak; Köhler'de hepsi metre.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) Kelvin → (b) tuz → (c) RH → yorum

✓ Çözüm — Soru 30

sınav cevabı

- **(a) Kelvin:** 3.34×10^{-7} / (273×10^{-7}) = **0.01223**.
- **(b) Çözünen:**

$$\frac{4.3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-19}}{0.05844 \times 10^{-21}} = 0.01472$$

- **(c)** Yalnız çözünen: RH = 1 − 0.01472 → **%98.53** · Köhler: exp(0.01223 − 0.01472) = exp(−0.00249) → **%99.75**.
- **Yorum:** çözünen eğriliği yendi → damla RH < %100'de dengede: **haze** damlası (sis öncesi pus).

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Tuz damlası doymamış havada da yaşar; aktive olması için S*'ı aşmalı.

🎯 S31 · Kritik yarıçap ve aşırı doymuşluk

tanım

Soru: S30'daki çekirdek için R* ve S*'ı bulun. Çekirdek 10 kat ağır olsaydı (10^{-18} kg)? Aynı kütlede $(NH_4)_2SO_4$ (i = 3, M_s = 0.132 kg/mol) için S*?

web'de çöz

R* → S* = (2/3)c_1/(T R*) → kıyas

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: S* = (2/3)·c_1/(T·R*) kısa yol.

📋 Ne istiyor? — Soru 31

formül

Ne istiyor? S30'daki çekirdeğin R* ve S*'ı; çekirdek 10 kat ağır olsaydı ve aynı kütlede $(NH_4)_2SO_4$ için S*.

Soru tipi: Hesap · kritik R* ve S*

animasyon

- *critical radius / supersaturation* → kritik yarıçap / aşırı doymuşluk · R* = √(3c₂ i m_s T / c₁M_s)
- *activated droplet* → aktive damla · S > S* → serbest büyür

---

💎 **ÖZ:** Hesap · kritik R* ve S*

📋 Verilenler — Soru 31

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«S30'daki çekirdek için»* → 10^{-19} kg NaCl, i = 2, 0 °C. → **i, m_s, M_s = 10^{-19} kg, 2, 0.05844**
- *«R ve S'ı bulun»* → Kritik yarıçap ve aşırı doymuşluk. → **istenen**
- *«10 kat ağır olsaydı (10^{-18} kg)?»* → m_s on katına çıkar. → **i, m_s, M_s = 10^{-18} kg**
- *«$(NH_4)_2SO_4$ (i = 3, M_s = 0.132 kg/mol)»* → Başka tuz, aynı kütle. → **i, m_s, M_s = i = 3, 0.132 kg/mol**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 31

Kritik yarıçap ve aşırı doymuşluk — Soru
Köhler tepesini istiyor; tepe noktasını veren kalıp bu (S* için kısa yol).

terimler

türetim

$$R^* = \sqrt{\frac{3c_2\, i\, m_s\, T}{c_1 M_s}} \qquad S^* = \frac{2}{3}\,\frac{c_1}{T\,R^*}$$

R*: kritik yarıçap, m · S*: kritik aşırı doymuşluk (×100 → %) · c_1, c_2: 3.34×10^{-7} m K, 4.3×10^{-6} · i, m_s, M_s: iyon sayısı, kg, kg/mol

---

💎 **ÖZ:** Formül: Kritik yarıçap ve aşırı doymuşluk

📋 Adım adım — Soru 31 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **pay/payda** — Kök içindeki pay ve paydayı ayrı hesapla. → **oran 3.61×10^{-14} m²**
2. **R*** — Oranın karekökünü al. → **R* = 0.190 µm**
3. **S*** — Kısa yol: (2/3)·c_1/(T R*). → **S* = 0.0043 = %0.43**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 31 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **10 kat** — m_s'yi 10 ile çarp; R* √10 kat büyür, S* √10 kat küçülür. → **R* 0.60 µm · S* %0.14**

4. adım

5. **$(NH_4)_2SO_4$** — i = 3, M_s = 0.132 ile aynı işlemi yap. → **S* = %0.53**

5. adım

⚠️ **Tuzak:** S*'ı boyutsuz bırakıp yüzde sanmak; 0.0043 = %0.43, 100 ile çarpılır.

💎 **ÖZ:** Plan: pay/payda → R* → S* → 10 kat → $(NH_4)_2SO_4$

✓ Çözüm — Soru 31

sınav cevabı

- **Pay:** 3 × 4.3×10⁻⁶ × 2 × 10⁻¹⁹ × 273 = 7.04×10⁻²² · **payda:** 3.34×10⁻⁷ × 0.05844 = 1.95×10⁻⁸.

$$R^* = \sqrt{3.61 \times 10^{-14}} = 1.90 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$$

- **S*** = (2/3) × 3.34×10⁻⁷ / (273 × 1.90×10⁻⁷) = **0.0043** → **%0.43**.
- **10⁻¹⁸ kg:** R* = **0.60 µm**, S* = **%0.14** (m_s 10 kat → S* √10 kat küçük).
- **$(NH_4)_2SO_4$:** R* = 0.155 µm, S* = **%0.53** (aynı kütlede daha az mol iyon).
- **Yorum:** bulutta aşırı doymuşluk ≈ %0.1–1 → büyük tuz çekirdekleri önce aktive olur.

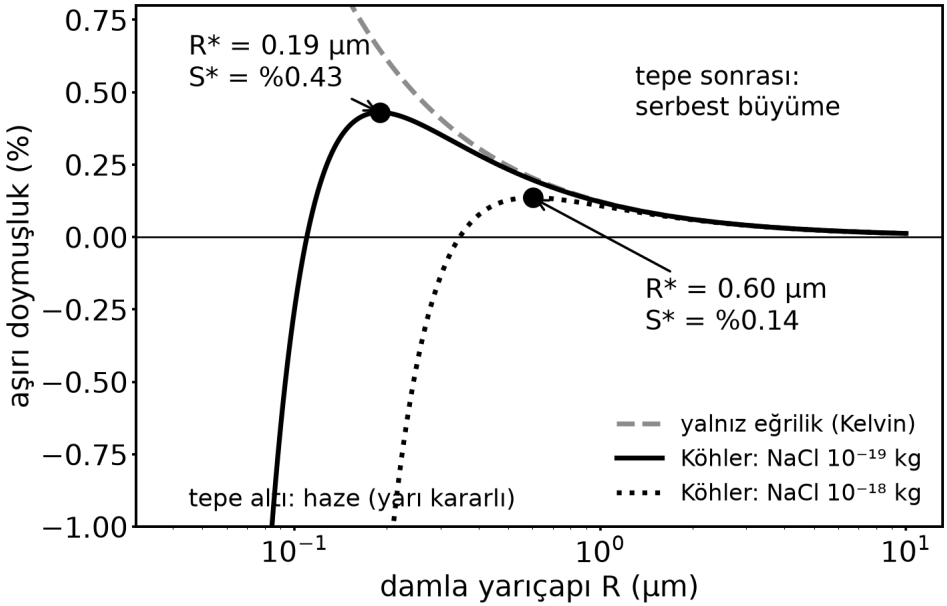
adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** S* ∝ 1/√m_s: çekirdek ağırlaştıkça aktivasyon kolaylaşır.

📈 Çözüm — Soru 31 · Köhler eğrileri

Kesikli: yalnız eğrilik. Düz/noktalı: iki NaCl kütlesi için Köhler eğrisi; nokta = (R*, S*)



💎 **ÖZ:** Tepenin solu haze (yarı kararlı), sağı serbest büyüme.

🎯 S32 · CCN sayısı (örnek soru)

tanım

Soru: S = %0.5'te (a) kara havasında ($c = 6\times10^{8}$ m^{-3}, $k = 0.5$) (b) deniz havasında ($c = 10^{8}$ m^{-3}, $k = 0.7$) kaç çekirdek aktive olur? Her damlaya düşen hacim ve damlalar arası uzaklık? LWC = 1 g/m^{3} ise ortalama damla yarıçapı?

web'de çöz

N → V = 1/N → x = V^(1/3) → R

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: R için $m = LWC/N$ ve $m = \rho_L(4/3)\pi R^3$.

📋 Ne istiyor? — Soru 32

formül

Ne istiyor? S = %0.5'te kara ve deniz havasında aktive CCN sayısı, damla başına hacim, damla aralığı ve LWC = 1 g/m³ için damla yarıçapı.

Soru tipi: Hesap · CCN sayısı ve damla boyu

animasyon

- *number of activated CCN* → aktive CCN sayısı · N = c·S^k, S yüzde sayı
- *liquid water content (LWC)* → sıvı su içeriği · damla başına kütle LWC/N → R

💎 **ÖZ:** Hesap · CCN sayısı ve damla boyu

📋 Verilenler — Soru 32

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«S = %0.5'te»* → Aşırı doymuşluk yüzde olarak. → **S = 0.5**
- *«c = 6×10⁸ m⁻³, k = 0.5»* → Kara havası katsayıları. → **c, k = 6×10⁸ m⁻³, 0.5**
- *«c = 10⁸ m⁻³, k = 0.7»* → Deniz havası katsayıları. → **c, k = 10⁸ m⁻³, 0.7**
- *«damlalar arası uzaklık?»* → x istenir. → **x**
- *«LWC = 1 g/m³ ise ortalama damla yarıçapı?»* → Su eşit paylaşılıp R bulunur. → **LWC = 10⁻³ kg/m³**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 32 (1/2)

Aktif CCN ve damla aralığı — Soru belli S'de kaç çekirdeğin aktive olduğunu ve aralarındaki uzaklığı istiyor.

terimler

türetim

$$N_{CCN} = c \cdot S^{\,k} \qquad x = \left(\frac{1}{N_{CCN}} \right)^{1/3}$$

N_CCN: aktive çekirdek, m^{-3} · c, k: hava kütlesine özgü sabitler · S: aşırı doymuşluk, % sayı · x: damlalar arası uzaklık, m

---

💎 **ÖZ:** Aktif CCN ve damla aralığı

📋 Hangi formül? — Soru 32 (2/2)

Ortalama damla yarıçapı — LWC verilince damla başına düşen su kütlesinden R bulunur.

$$\frac{LWC}{N} = \rho_L \frac{4}{3}\pi R^3$$

LWC: sıvı su içeriği, kg/m³ · ρ_L: = 1000 kg/m³ · R: ortalama damla yarıçapı, m

---

💎 **ÖZ:** Ortalama damla yarıçapı

📋 Adım adım — Soru 32 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) kara** — N = 6×10⁸ × 0.5^0.5; V = 1/N; x = V^(1/3). → **424 cm⁻³ · x = 1.33 mm**
2. **(b) deniz** — N = 10⁸ × 0.5^0.7; aynı işlemler. → **62 cm⁻³ · x = 2.53 mm**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 32 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **R** — LWC/N'yi ρ_L(4/3)πR³'e eşitle. → **8.3 µm ve 15.7 µm**
4. **yorum** — Yağış verimini kıyasla. → **deniz bulutu daha verimli**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** S'yi 0.005 almak; formüle yüzde sayı olarak 0.5 girer.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) kara → (b) deniz → R → yorum

✓ Çözüm — Soru 32

sınav cevabı

- **(a) Kara:** N = 6×10⁸ × 0.5^0.5 = **4.24×10⁸ m⁻³** (424 cm⁻³) · V = **2.36×10⁻⁹ m³** · x = **1.33 mm**.
- **(b) Deniz:** N = 10⁸ × 0.5^0.7 = **6.16×10⁷ m⁻³** (62 cm⁻³) · x = **2.53 mm**.
- **Damla boyu:** aynı 1 g/m³ su, kara bulutunda çok damlaya bölünür → R ≈ **8.3 µm**; denizde R ≈ **15.7 µm**.
- **Yorum:** deniz bulutunda damlalar iri → çarpışma kolay → **yağış daha verimli**. Kirli kara bulutu yağmur bırakmakta zorlanır.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Çok CCN = çok sayıda küçük damla = geç yağış (ama daha parlak bulut).

🎯 S33 · Çekirdeklenme (kavram)

tanım

Soru: (a) Homojen ve heterojen çekirdeklenme farkı? (b) En etkili CCN neden suda çözünür? (c) Sis neden şehirlerde daha yoğun? (d) Higroskopik bulut tohumlama nasıl yağış artırmayı hedefler?

web'de çöz

(a)...(d) birer cümle

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: Köhler eğrisini düşün.

📋 Ne istiyor? — Soru 33

formül

Ne istiyor? Homojen–heterojen farkı, etkili CCN'nin neden çözünür olduğu, sisin şehirde neden yoğun olduğu ve higroskopik tohumlamanın amacı.

Soru tipi: Kavram · çekirdeklenme

animasyon

- *heterogeneous nucleation* → heterojen çekirdeklenme · CCN üstünde; %0.1–1 aşırı doymuşluk
- *hygroscopic cloud seeding* → higroskopik bulut tohumlama · iri tuz → az, iri damla → erken yağış

💎 **ÖZ:** Kavram · çekirdeklenme

📋 Verilenler — Soru 33

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Homojen ve heterojen çekirdeklenme farkı?»* → İki yol kıyaslanacak. → **istenen**
- *«En etkili CCN neden suda çözünür?»* → Çözünen etkisi açıklanacak. → **istenen**
- *«Sis neden şehirlerde daha yoğun?»* → CCN sayısının etkisi. → **istenen**
- *«Higroskopik bulut tohumlama»* → Yağış artırma mekanizması. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 33

Kullanılacak bilgi: Çözünen, damlanın buhar basıncını düşürür ve S*'ı küçültür. Çekirdeğin boyu ve kimyası bulutun yağış verip vermeyeceğini belirler.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Çözünen, damlanın buhar basıncını düşürür ve S*'ı küçültür.

📋 Adım adım — Soru 33 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a)** — İki çekirdeklenmeyi kıyasla. → **atmosferde heterojen**
2. **(b)** — Çözünürlüğü Köhler ile bağla. → **çözünür CCN kolay aktive**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 33 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(c)** — Şehir sisini açıkla. → **bol CCN** → **yoğun sis**
4. **(d)** — Tohumlamanın hedefini yaz. → **erken yağış**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Homojen çekirdeklenmenin atmosferde olduğunu sanmak; gereken RH yüzlerce %, bulut hep CCN üstünde oluşur.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) → (b) → (c) → (d)

✓ Çözüm — Soru 33

sınav cevabı

- **(a)** Homojen: parçacıksız, saf buhardan; yüzlerce % RH. Heterojen: CCN yüzeyinde; %0.1–1 aşırı doymuşluk yeter.
- **(b)** Çözünen buhar basıncını düşürür (Köhler'in çözünen terimi) → aktivasyon için gereken S* küçülür.
- **(c)** Duman ve toz = bol CCN → ışınım sisi şehir çevresinde daha kalın (slayt).
- **(d)** İri tuz parçacıkları verilir → az sayıda **iri** damla aktive olur → çarpışma-birleşme erken başlar (K8).
- **Bağ:** buz için tohumlama AgI ile yapılır (K7).

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Çekirdeğin boyu ve kimyası, bulutun yağış verip vermeyeceğini belirler.

GB K6 · Bölüm terimleri (1/2)

- **nucleation** (n) çekirdeklenme
- **cloud condensation nuclei, CCN** (n) bulut yoğuşma çekirdekleri
- **curvature effect** (n) eğrilik etkisi
- **solute effect** (n) çözünen etkisi
- **supersaturation** (n) aşırı doymuşluk

💎 **ÖZ:** homogeneous = parçacıksız · heterogeneous = parçacık üstünde.

GB K6 · Bölüm terimleri (2/2)

- **activated droplet** (n) aktive damla
- **critical radius** (n) kritik yarıçap
- **haze** (n) pus
- **cloud seeding** (n) bulut tohumlama

*Damla kritik yarıçapı **aştığında** serbestçe **büyümeye başlar**.*

Once the droplet **exceeds** the critical radius, it **starts to grow** freely.

💎 **ÖZ:** Kalıp: "Once ..., it starts to ...".

K7 · Difüzyon, nem akısı, buz süreçleri

📌 K7 · Difüzyon ve buz — Ne? Nerede? Sınavda ne yazılır?

- **Ne?** Aktive damla, fazla buharın **difüzyonuyla** büyür; buhar damla yüzeyine akar.
- **Hız:** dR/dt ∝ 1/R → büyük damla **yavaş** büyür → difüzyon tek başına yağmur yapamaz.
- **Buz:** e_s(buz) < e_s(su) → kristal damlalar pahasına büyür (**Bergeron**), en hızlı ≈ –12 °C.
- **Donma:** büyük damla daha sıcakta donar; ≈ –38 °C'de hepsi.
- **Sınavda yaz:** $F = -D \cdot \Delta r / \Delta x$ (eksi: çoktan aza).

💎 **ÖZ:** Sıcak bulutta difüzyon yavaş; soğuk bulutta Bergeron hızlı.

📐 Buhar difüzivitesi D

$$D = c\,\frac{P_0}{P}\left(\frac{T}{T_0}\right)^{1.94}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- c = 2.11×10⁻⁵ m² s⁻¹ · P₀ = 101.3 kPa · T₀ = 273.15 K.
- P düşerse D büyür (yukarıda difüzyon hızlı).

💎 **ÖZ:** D ≈ 2×10⁻⁵ m²/s; basınçla ters, sıcaklıkla artar.

📐 Nem akısı (difüzyon)

$$F = -D\,\frac{\Delta r}{\Delta x} \qquad \frac{\Delta r}{\Delta x} \approx r_s\,\frac{\Delta S}{\Delta x}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- F: kinematik akı, (kg/kg)(m/s) · F_din = ρ_air·F, kg m^{-2} s^{-1}.
- ΔS/Δx: aşırı doymuşluk gradyanı, m^{-1} (% → /100).

💎 **ÖZ:** Kinematik akı = dinamik akı ÷ hava yoğunluğu.

📐 Difüzyonla damla büyümesi

$$R^2 = R_0^2 + \frac{2D\,\Delta\rho_v}{\rho_L}\,t, \qquad \Delta\rho_v = S\,\frac{e_s}{\Re_v T}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- $\Delta\rho_v$: uzak çevre – damla yüzeyi buhar yoğunluğu farkı.
- ρ_L = 1000 kg/m³ · gizli ısı ihmal (gerçek büyüme daha yavaş).

💎 **ÖZ:** $R \propto \sqrt{t}$: yarıçapı 10 kat büyütmek 100 kat süre ister.

📐 Damla donma sıcaklığı

$$T \approx T_1 + T_2 \ln \frac{R}{R_0}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- T_1 = 235 K · T_2 = 3 K · R_0 = 5 µm.
- R: damla yarıçapı (R_0 ile aynı birim).

💎 **ÖZ:** Büyük damla daha sıcakta donar (immersion donma).

📐 Buz kristali kütlesi

$$m_{3D} = c_3 \left(\frac{\rho_v^3}{\rho_i} \right)^{1/2} (D\,S\,t)^{3/2}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- $c_3 = 11.85 \cdot S$: buza göre (boyutsuz) · t: s.
- 2-D levha: $m = (5.09/d)(\rho_v^2/\rho_i)(DSt)^2$.

💎 **ÖZ:** 3-D kütle t^1.5, 2-D kütle t^2 ile artar.

🎯 S34 · Difüzivite (örnek soru)

tanım

Soru: P = 100 kPa ve T = −10 °C'de su buharının difüzivitesi? Aynı hesabı 4 km civarı (P = 62 kPa, T = −11 °C) için yapın; fark neden?

web'de çöz

P oranı · T oranı^1.94 · D

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: T'ler Kelvin; P'ler aynı birimde.

📋 Ne istiyor? — Soru 34

formül

Ne istiyor? 100 kPa, –10 °C'de ve 4 km civarında (62 kPa, –11 °C) su buharının difüzivitesi D ve iki değerin neden farklı olduğu.

Soru tipi: Hesap · su buharı difüzivitesi D

diyagram

- *diffusivity of water vapor* → su buharı difüzivitesi · $D = c(P_0/P)(T/T_0)^{1.94}$
- *pressure and temperature dependence* → basınç ve sıcaklık bağımlılığı · P ↓ → D ↑ · T ↑ → D ↑

💎 **ÖZ:** Hesap · su buharı difüzivitesi D

📋 Verilenler — Soru 34

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«P = 100 kPa ve T = −10 °C'de»* → Birinci durum. → **T = 100 kPa, 263.15 K**
- *«su buharının difüzivitesi?»* → D istenir. → **D**
- *«P = 62 kPa, T = −11 °C»* → 4 km civarı durum. → **P_0, T_0 = 62 kPa, 262.15 K**
- *«fark neden?»* → Basıncın etkisi açıklanacak. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 34

Buhar difüzivitesi — Soru belli P ve T'de D'yi istiyor; referans değeri basınç ve sıcaklıkla ölçekleyen kalıp bu.

terimler

türetim

$$D = c\,\frac{P_0}{P}\left(\frac{T}{T_0}\right)^{1.94}$$

D: difüzivite, $m^2\ s^{-1}$ · c: = $2.11\times10^{-5}\ m^2\ s^{-1}$ · P_0, T_0: 101.3 kPa, 273.15 K · T: sıcaklık, K

💎 **ÖZ:** Formül: Buhar difüzivitesi

📋 Adım adım — Soru 34 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **oranlar** — Basınç oranını ve sıcaklık oranının 1.94. kuvvetini bul. → **1.013 ve 0.930**
2. **D** — c ile iki oranı çarp. → **D = 1.99×10⁻⁵ m² s⁻¹**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 34 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **4 km** — Aynı işlemi 62 kPa ve 262.15 K ile yap. → **D = 3.18×10⁻⁵ m² s⁻¹**
4. **neden** — Farkı yorumla. → **yükseklikte D büyük**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** T oranını °C ile almak (–10/0 tanımsız); oran her zaman Kelvin ile alınır.

💎 **ÖZ:** Plan: oranlar → D → 4 km → neden

✓ Çözüm — Soru 34

sınav cevabı

- **Oranlar:** 101.3/100 = 1.013 · (263.15/273.15)^1.94 = 0.930.

$$D = 2.11 \times 10^{-5} \times 1.013 \times 0.930 = 1.99 \times 10^{-5}\ \mathrm{m^2 s^{-1}}$$

- **4 km:** 2.11×10⁻⁵ × (101.3/62) × (262.15/273.15)^1.94 = **3.18×10⁻⁵ m² s⁻¹**.
- **Neden?** Seyrek havada molekül çarpışması az → buhar daha serbest yayılır.
- ⚠ **Sık hata:** T oranını °C ile almak (–10/0 tanımsız).

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Yükseklikte D artar ama buhar azdır; büyümeyi asıl $\Delta\rho_v$ belirler.

🎯 S35 · Nem akısı (örnek soru)

tanım

Soru: 4 km'deki bir bulutta damla yakınında aşırı doymuşluk gradyanı 2 µm'de %1. r_s = 1.5 g/kg, D = 2×10^{-5} m^2/s, ρ_air = 0.82 kg/m^3. (a) Δr/Δx (b) kinematik akı (c) dinamik akı?

web'de çöz

ΔS/Δx (m^{-1}) → Δr/Δx → F → F_din

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: %1 = 0.01; 2 µm = 2×10^{-6} m.

📋 Ne istiyor? — Soru 35

formül

Ne istiyor? Damla yakınındaki aşırı doymuşluk gradyanından Δr/Δx, kinematik nem akısı ve dinamik nem akısı.

Soru tipi: Hesap · nem akısı (Fick)

diyagram

- *moisture flux* → nem akısı · F = −D·Δr/Δx
- *kinematic vs dynamic flux* → kinematik ve dinamik akı · dinamik = ρ_air × kinematik

---

💎 **ÖZ:** Hesap · nem akısı (Fick)

📋 Verilenler — Soru 35

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«2 μm'de %1»* → ΔS = 0.01, Δx = 2×10^{-6} m. → **$\Delta S/\Delta x = 5000\ m^{-1}$**
- *«r_s = 1.5 g/kg»* → Doyma karışma oranı. → **r_s = 0.0015 kg/kg**
- *«$D = 2\times10^{-5}\ m^2/s$»* → Difüzivite. → **$D = 2\times10^{-5}\ m^2/s$**
- *«ρ_air = 0.82 kg/m^3»* → Dinamik akıya çevirmek için. → **$F = 0.82\ kg/m^3$**
- *«(b) kinematik akı (c) dinamik akı?»* → F ve ρF istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 35

Nem akısı (Fick yasası) — Soru gradyandan akıyı istiyor; difüzyon akısını gradyana bağlayan kalıp bu.

terimler

türetim

$$F = -D\,\frac{\Delta r}{\Delta x} \qquad \frac{\Delta r}{\Delta x} \approx r_s\,\frac{\Delta S}{\Delta x}$$

F: kinematik akı, (kg/kg)(m/s) · D: difüzivite, m^2/s · r_s: doyma karışma oranı, kg/kg · ΔS/Δx: aşırı doymuşluk gradyanı, m^{-1}

💎 **ÖZ:** Formül: Nem akısı (Fick yasası)

📋 Adım adım — Soru 35 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **ΔS/Δx** — Yüzdeyi kesre, µm'yi metreye çevir. → **5000 m^{-1}**
2. **(a) Δr/Δx** — r_s (kg/kg) ile çarp. → **7.5 (kg/kg)/m**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 35 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) F** — −D ile çarp. → **-1.5×10^{-4} (kg/kg) (m/s)**
4. **(c) F_din** — Kinematik akıyı ρ_air ile çarp. → **-1.23×10^{-4} kg m^{-2} s^{-1}**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** r_s'yi g/kg bırakmak (1000 kat hata) ya da akının eksi işaretini atmak.

💎 **ÖZ:** Plan: ΔS/Δx → (a) Δr/Δx → (b) F → (c) F_din

✓ Çözüm — Soru 35

sınav cevabı

- **$\Delta S/\Delta x$** = 0.01 / 2×10^{-6} m = **5000 m^{-1}**.
- **(a)** $\Delta r/\Delta x$ = 0.0015 × 5000 = **7.5 (kg/kg)/m**.
- **(b)** F = $-(2\times10^{-5})(7.5)$ = **-1.5×10^{-4} (kg/kg)(m/s)**.
- **(c)** F_din = 0.82 × (-1.5×10^{-4}) = **-1.23×10^{-4} kg m^{-2} s^{-1}**.
- **Yorum:** eksi işaret → buhar, aşırı doymuşluğun **azaldığı** yöne, yani damla yüzeyine akar.
- ⚠ **Sık hata:** r_s'yi g/kg bırakmak (1000 kat hata).

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Akı her zaman gradyanın tersine: çoktan aza.

🎯 S36 · Difüzyonla büyüme ne kadar sürer?

tanım

Soru: T = 10 °C, P = 90 kPa, S = %0.5. e_s(10 °C) = 1.23 kPa. Damla (a) 1→10 µm (b) 10→100 µm büyürken geçen süre? Sonuç yağış için ne söyler?

web'de çöz

D → ρ_{vs} → $\Delta\rho_v$ → $2D\Delta\rho_v/\rho_L$ → t

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: $t = (R^2 - R_0^2)\cdot\rho_L / (2\,D\,\Delta\rho_v)$.

📋 Ne istiyor? — Soru 36

formül

Ne istiyor? 10 °C, 90 kPa, S = %0.5'te damlanın 1→10 µm ve 10→100 µm büyüme süreleri ve sonucun yağış için anlamı.

Soru tipi: Hesap · difüzyonla büyüme süresi

animasyon

- *growth by diffusion* → difüzyonla büyüme · $R^2 = R_0^2 + (2D\Delta\rho_v/\rho_L)t$
- *how long does it take to grow?* → büyümesi ne kadar sürer? · $t = (R^2 - R_0^2)\rho_L / (2D\Delta\rho_v)$

💎 **ÖZ:** Hesap · difüzyonla büyüme süresi

📋 Verilenler — Soru 36

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«T = 10 °C, P = 90 kPa»* → D ve $\Delta\rho_v$ için ortam. → **T = 283.15 K, 90 kPa**
- *«S = %0.5»* → Aşırı doymuşluk. → **S = 0.005**
- *«e_s(10 °C) = 1.23 kPa»* → Buhar yoğunluğu farkı için. → **$\Delta\rho_v$ = 1230 Pa**
- *«(a) 1→10 μm (b) 10→100 μm»* → Başlangıç ve son yarıçaplar. → **ρ_L = R_0 → R**
- *«büyürken geçen süre?»* → t istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 36 (1/2)

Difüzyonla damla büyümesi — Soru belli boya büyüme süresini istiyor; R^2 ile t arasındaki doğrusal ilişkiyi veren kalıp bu.

terimler

türetim

$$R^2 = R_0^2 + \frac{2D\,\Delta\rho_v}{\rho_L}\,t, \qquad \Delta\rho_v = S\,\frac{e_s}{\Re_v T}$$

$\Delta\rho_v$: buhar yoğunluğu farkı, kg/m³ · ρ_L: = 1000 kg/m³ · $\Re_v$: = 461.5 J kg⁻¹ K⁻¹ · S: aşırı doymuşluk, kesir

---

💎 **ÖZ:** Difüzyonla damla büyümesi

📋 Hangi formül? — Soru 36 (2/2)

Buhar difüzivitesi — Büyüme hızı D ile orantılı; önce 90 kPa ve 10 °C'deki D bulunur.

$$D = c\,\frac{P_0}{P}\left(\frac{T}{T_0}\right)^{1.94}$$

D: difüzivite, $m^2\ s^{-1}$ · c: = $2.11\times10^{-5}\ m^2\ s^{-1}$ · P_0, T_0: 101.3 kPa, 273.15 K · T: sıcaklık, K

💎 **ÖZ:** Buhar difüzivitesi

📋 Adım adım — Soru 36 (1–3)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **D** — D'yi 90 kPa ve 283.15 K için ölçekle. → **$D = 2.55\times10^{-5}$ m²/s**
2. **$\Delta\rho_v$** — $\rho_{vs} = e_s/(\Re_v T)$, sonra S ile çarp. → **$\Delta\rho_v = 4.71\times10^{-5}$ kg/m³**
3. **katsayı** — $2D\Delta\rho_v/\rho_L$'yi hesapla. → **2.40×10^{-12} m²/s**

1. adım

2. adım

3. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (4–5).

📋 Adım adım — Soru 36 (4–5)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

4. **süreler** — t = (R² − R₀²)/katsayı; R metre. → **41 s ve ≈ 69 dk**
5. **yorum** — Yağışla kıyasla. → **çarpışma-birleşme şart**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** S'yi 0.5 almak ya da R'yi µm ile karelemek; S kesir (0.005), R metre olmalı.

💎 **ÖZ:** Plan: D → $\Delta\rho_v$ → katsayı → süreler → yorum

✓ Çözüm — Soru 36

sınav cevabı

- **D** = 2.11×10⁻⁵ (101.3/90)(283.15/273.15)^1.94 = **2.55×10⁻⁵ m²/s**.
- **ρ_{vs}** = 1230 / (461.5 × 283.15) = **9.43×10⁻³ kg/m³** → $\Delta\rho_v = 0.005 \times \rho_{vs}$ = **4.71×10⁻⁵**.
- **Katsayı** $2D\Delta\rho_v/\rho_L$ = **2.40×10⁻¹² m²/s**.
- **(a)** $(10^{-10} - 10^{-12})/2.4\times10^{-12} \approx$ **41 s** · **(b)** $(10^{-8} - 10^{-10})/2.4\times10^{-12} \approx$ **4100 s ≈ 69 dk**.
- **Yorum:** gizli ısı ihmal edildi; gerçekte 2–4 kat yavaş. Cu yarım saatte yağdırır → **çarpışma-birleşme şart** (K8).

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Difüzyon bulut damlası (10 µm) yapar, yağmur damlası (1 mm) yapamaz.

🎯 S37 · Bergeron süreci

tanım

Soru: –14 °C'deki karışık fazlı bulut suya göre tam doymuş. (a) e_s(su) ve e_s(buz) (b) buza göre aşırı doymuşluk (c) Sonuç: damlalar ve kristaller ne yapar? Fark hangi sıcaklıkta en büyük?

web'de çöz

5423 K ve 6139 K ile iki e_s → S_buz → yorum

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: T = 259.15 K.

📋 Ne istiyor? — Soru 37

formül

Ne istiyor? –14 °C'de suya göre doymuş karışık fazlı bulutta e_s(su), e_s(buz), buza göre aşırı doymuşluk ve damla/kristal davranışı.

Soru tipi: Hesap · Bergeron süreci

animasyon

- *grow at the expense of supercooled droplets* → aşırı soğumuş damlalar pahasına büyür · e_s(buz) < e_s(su) → Bergeron
- *mixed-phase cloud* → karışık fazlı bulut · su damlası ve buz kristali birlikte

---

💎 **ÖZ:** Hesap · Bergeron süreci

📋 Verilenler — Soru 37

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«–14 °C'deki karışık fazlı bulut»* → Su ve buz birlikte; T = 259.15 K. → **T = 259.15 K**
- *«suya göre tam doymuş»* → e = e_s(su). → **e_s = 0.208 kPa**
- *«buza göre aşırı doymuşluk»* → S_buz istenir. → **S_buz**
- *«Fark hangi sıcaklıkta en büyük?»* → En büyük fark sıcaklığı. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 37 (1/2)

e_s su ve buz üzerinde — Su ve buz üzerindeki doyma basınçlarının farkı Bergeron'u sürer; ikisi aynı kalıpla, farklı L ile.

terimler

türetim

$$e_s = 0.611 \exp\left[\frac{L}{\Re_v}\left(\frac{1}{273.15} - \frac{1}{T}\right)\right]$$

$L/\Re_v$: 5423 K (su) · 6139 K (buz) · T: sıcaklık, K · e_s: doyma buhar basıncı, kPa

---

💎 **ÖZ:** e_s su ve buz üzerinde

📋 Hangi formül? — Soru 37 (2/2)

Buza göre aşırı doymuşluk — Hava suya göre doymuşsa e = e_s(su); buz için fazlalık oranı bu.

$$S_{buz} = \frac{e_{s,su} - e_{s,buz}}{e_{s,buz}}$$

S_buz: buza göre aşırı doymuşluk, kesir

💎 **ÖZ:** Buza göre aşırı doymuşluk

📋 Adım adım — Soru 37 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) e_s'ler** — 259.15 K'de iki e_s'yi 5423 ve 6139 K ile bul. → **fark ≈ 0.028 kPa**
2. **(b) S_buz** — Farkı e_s(buz)'a böl. → **S_buz ≈ %15 (RH_buz %115)**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 37 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(c) sonuç** — Damla ve kristalin davranışını yaz. → **kristal büyür, damla küçülür**
4. **en büyük** — Farkın en büyük olduğu sıcaklığı yaz. → **≈ −12 °C**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Buz için de 5423 K kullanmak; o zaman iki e_s eşit çıkar ve Bergeron kaybolur.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) e_s'ler → (b) S_buz → (c) sonuç → en büyük

✓ Çözüm — Soru 37

sınav cevabı

- **(a)** e_s(su) = **0.209 kPa** · e_s(buz) = **0.181 kPa** · fark ≈ **0.028 kPa**.
- **(b)** S_buz = (0.209 − 0.181)/0.181 ≈ **0.15** → **%15** (RH_buz ≈ %115).
- **(c)** Hava suya göre doymuş, buza göre çok aşırı doymuş → kristale buhar akar, kristal **büyür**; buhar azalınca damlalar **buharlaşır**. Kristaller düşüp yağış olur (soğuk yağmur).
- **En büyük fark ≈ −12 °C** (sonraki grafik); daha soğukta e_s'lerin ikisi de küçülür.
- **Sınavda yaz:** "ice crystals grow at the expense of supercooled droplets".

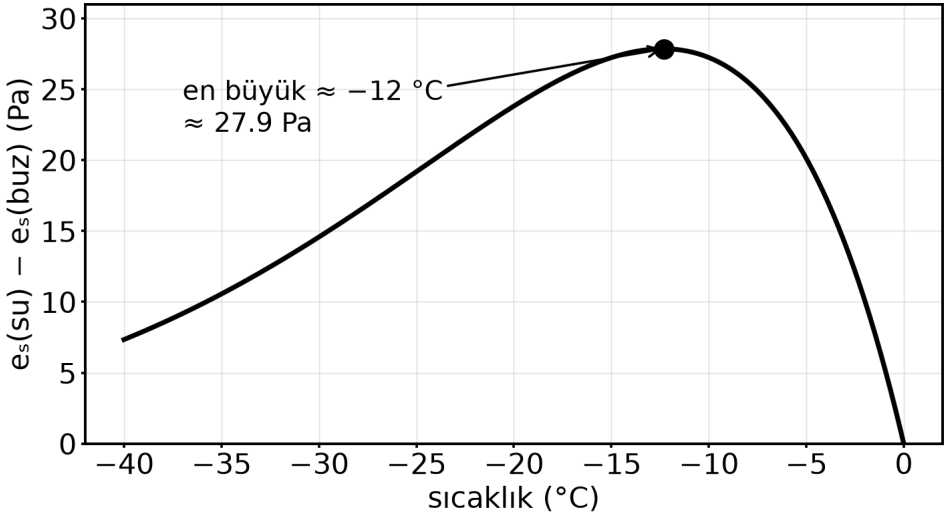
adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Bergeron: aynı havada su için %100, buz için %115 → buz kazanır.

📈 Çözüm — Soru 37 · Grafik

e_s(su) − e_s(buz) farkı: 0 °C'de sıfır, ≈ −12 °C'de en büyük (≈ 28 Pa)



💎 **ÖZ:** Dendrit ve levha kristallerin en hızlı büyüdüğü bant −12…−16 °C.

🎯 S38 · Damla hangi sıcaklıkta donar? (örnek soru)

tanım

Soru: İçinde buz çekirdeği bulunan damlaların yarısının donduğu sıcaklık $T \approx T_1 + T_2 \ln(R/R_0)$ ile veriliyor ($T_1 = 235$ K, $T_2 = 3$ K, $R_0 = 5$ µm). $R = 100$ µm ve $R = 1$ mm için T? $R = 5$ µm'de ne olur?

web'de çöz

$\ln(R/R_0) \rightarrow T$ (K) $\rightarrow$ °C

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: R ve R_0 aynı birimde.

📋 Ne istiyor? — Soru 38

formül

Ne istiyor? Buz çekirdekli damlaların yarısının donduğu sıcaklığın R = 100 µm, 1 mm ve 5 µm için değeri.

Soru tipi: Hesap · damla donma sıcaklığı

diyagram

- *immersion freezing* → içten (immersion) donma · $T \approx T_1 + T_2 \ln(R/R_0)$
- *supercooled droplets* → aşırı soğumuş damlalar · 0 °C altında sıvı kalan damlalar

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«T_1 = 235 K, T_2 = 3 K»* → Formül sabitleri. → **T_1, T_2 = 235 K, 3 K**
- *«R_0 = 5 µm»* → Referans yarıçap. → **R_0 = 5 µm**
- *«R = 100 µm ve R = 1 mm için T?»* → İki yarıçapta donma sıcaklığı. → **R = 100 µm, 1000 µm**
- *«R = 5 µm'de ne olur?»* → ln 1 = 0, T = T_1. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · damla donma sıcaklığı

📋 Hangi formül? — Soru 38

Damla donma sıcaklığı — Soru damlanın donma sıcaklığını boyuna bağlı istiyor; kalıp soruda verilmiş.

terimler

türetim

$$T \approx T_1 + T_2 \ln \frac{R}{R_0}$$

T: yarısının donduğu sıcaklık, K · T_1, T_2: 235 K, 3 K · R_0: = 5 µm · R: damla yarıçapı

💎 **ÖZ:** Formül: Damla donma sıcaklığı

📋 Adım adım — Soru 38 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **100 µm** — $R/R_0 = 20$; ln al, 3 ile çarp, 235'e ekle. → **244 K ≈ −29 °C**
2. **1 mm** — $R/R_0 = 1000/5 = 200$. → **251 K ≈ −22 °C**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 38 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **5 µm** — R = R₀ ⟶ ln 1 = 0. ⟶ **235 K ≈ −38 °C**
4. **yorum** — Boy ile donma sıcaklığını bağla. ⟶ **büyük damla önce donar**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** 1 mm'yi 1 µm sanmak ya da R/R₀'ı farklı birimlerle almak; ikisi aynı birimde olmalı.

💎 **ÖZ:** Plan: 100 µm ⟶ 1 mm ⟶ 5 µm ⟶ yorum

✓ Çözüm — Soru 38

sınav cevabı

- **R = 100 µm:** 235 + 3 ln(20) = 235 + 9.0 = **244 K ≈ −29 °C**.
- **R = 1 mm:** 235 + 3 ln(200) = 235 + 15.9 = **251 K ≈ −22 °C**.
- **R = 5 µm:** ln 1 = 0 → **235 K ≈ −38 °C** → homojen donma sınırına yakın.
- **Yorum:** büyük damla daha sıcakta donar (çekirdek bulma şansı fazla). Küçük bulut damlaları **aşırı soğumuş** sıvı olarak kalır.
- **Bağ:** −20 °C civarındaki bulutların çoğu hâlâ sıvı damla taşır → uçakta buzlanma.

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** 0 °C'de donmak şart değil; bulut damlaları −38 °C'ye kadar sıvı kalabilir.

🎯 S39 · Buz kristali büyümesi (örnek soru)

tanım

Soru: –14 °C (259 K), e = 0.20 kPa, D = 1.5×10^{-5} m^2/s, S_{buz} = 0.157, ρ_i = 916.8 kg/m^3. 1 saat sonra (a) 3-D kristalin (b) 15 µm kalınlıktaki 2-D levhanın kütlesi? 2 saatte ne olur?

web'de çöz

$\rho_v = e/(\Re_v T) \rightarrow D\ S\ t \rightarrow m_{3D}, m_{2D}$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: D·S·t = 1.5×10^{-5} × 0.157 × 3600.

📋 Ne istiyor? — Soru 39

formül

Ne istiyor? –14 °C'de 1 saat sonra 3-D kristalin ve 15 µm kalınlıktaki 2-D levhanın kütlesi; 2 saatte kütlelerin değişimi.

Soru tipi: Hesap · buz kristali kütlesi

diyagram

- *ice crystal growth by deposition* → depozisyonla buz kristali büyümesi · $m_3D \propto t^{1.5}$ · $m_2D \propto t^2$
- *plate / dendrite* → levha / dallı kristal · 2-D: kalınlık d paydada

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«–14 °C (259 K), e = 0.20 kPa»* → Buhar yoğunluğu hesaplanır. → **$\rho_v = 1.68\times10^{-3}$ kg/m³**
- *«D = 1.5×10⁻⁵ m²/s»* → Difüzivite. → **S = 1.5×10^{-5} m²/s**
- *«S_buz = 0.157»* → Buza göre aşırı doymuşluk. → **S = 0.157**
- *«ρ_i = 916.8 kg/m³»* → Buz yoğunluğu. → **ρ_i = 916.8 kg/m³**

- *«1 saat sonra»* → Süre. → **t = 3600 s**
- *«15 μm kalınlıktaki 2-D levhanın»* → Levha kalınlığı. → **d = 1.5×10⁻⁵ m**
- *«2 saatte ne olur?»* → t iki katına çıkınca kütle oranı. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · buz kristali kütlesi

📋 Hangi formül? — Soru 39 (1/2)

Buz kristali kütlesi (3-D) — Soru 3-D kristalin kütlesini istiyor; difüzyonla buz büyümesinin kalıbı bu.

terimler

türetim

$$m_{3D} = 11.85 \left(\frac{\rho_v^3}{\rho_i} \right)^{1/2} (D\,S\,t)^{3/2}$$

ρ_v: buhar yoğunluğu, kg/m³ · ρ_i: buz yoğunluğu, kg/m³ · S: buza göre aşırı doymuşluk · t: süre, s

---

💎 **ÖZ:** Buz kristali kütlesi (3-D)

📋 Hangi formül? — Soru 39 (2/2)

Buz levhası kütlesi (2-D) — İnce levha için ayrı kalıp; kalınlık d paydada.

$$m_{2D} = \frac{5.09}{d}\,\frac{\rho_v^2}{\rho_i}\,(D\,S\,t)^2$$

d: levha kalınlığı, m · m: kristal kütlesi, kg

💎 **ÖZ:** Buz levhası kütlesi (2-D)

📋 Adım adım — Soru 39 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **ρ_v, DSt** — $\rho_v = e/(\Re_v T)$ ve D·S·t'yi bul. → **1.68×10^{-3} · 8.48×10^{-3} m²**
2. **(a) 3-D** — $(\rho_v^3/\rho_i)^{1/2}$ ve (DSt)^1.5'i 11.85 ile çarp. → **$m_{3D} \approx 2.1\times10^{-8}$ kg**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 39 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) 2-D** — d = 15×10⁻⁶ m ile levha formülünü uygula. → **m₂D ≈ 7.5×10⁻⁸ kg (≈ 3.6 kat)**
4. **2 saat** — t'yi 2 katına çıkar. → **2.8 kat ve 4 kat**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** d'yi µm bırakmak ya da t'yi saat almak; d metre, t saniye olmalı.

💎 **ÖZ:** Plan: ρ_v, DSt → (a) 3-D → (b) 2-D → 2 saat

✓ Çözüm — Soru 39

sınav cevabı

- $\rho_v = 200 / (461 \times 259) \approx$ **1.68×10^{-3} kg/m³** · **D S t = 8.48×10^{-3} m²**.
- **(a)** $(\rho_v^3/\rho_i)^{1/2} = 2.27\times10^{-6} \cdot (DSt)^{1.5} = 7.81\times10^{-4} \rightarrow m = 11.85 \times 2.27\times10^{-6} \times 7.81\times10^{-4} \approx$ **2.1×10^{-8} kg**.
- **(b)** $m = (5.09/1.5\times10^{-5})(\rho_v^2/916.8)(8.48\times10^{-3})^2 \approx$ **7.5×10^{-8} kg** (≈ 3.6 kat).
- **2 saat:** 3-D × $2^{1.5} = 2.8$ kat · 2-D × 2^2 = **4 kat**.
- **Yorum:** ince levha/dendrit kütleyi daha hızlı toplar → kar tanesi hızla iriler.

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** 3-D kütle $t^{1.5}$, 2-D kütle t^2 ile büyür.

🎯 S40 · Buz süreçleri (kavram)

tanım

Soru: (a) Heterojen buz çekirdeklenmesinin dört yolu? (b) Contrail neden ≈ 10 km'de, −40 °C civarında oluşur ve neden bazen saatlerce kalır? (c) Soğuk bulut tohumlamada neden AgI kullanılır?

web'de çöz

(a) dört yol · (b) iki koşul · (c) kristal yapı

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: S17 ve S20'deki karışma geometrisini hatırla.

📋 Ne istiyor? — Soru 40

formül

Ne istiyor? Heterojen buz çekirdeklenmesinin dört yolu, contrail'in neden ≈ 10 km'de oluşup kalabildiği ve tohumlamada AgI'nın rolü.

Soru tipi: Kavram · buz süreçleri

animasyon

- *heterogeneous ice nucleation* → heterojen buz çekirdeklenmesi · depozisyon, yoğuşma-donma, immersion, temas
- *persistent contrail* → kalıcı uçak izi · hava buza göre aşırı doymuş

💎 **ÖZ:** Kavram · buz süreçleri

📋 Verilenler — Soru 40

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Heterojen buz çekirdeklenmesinin dört yolu?»* → Dört mekanizma sayılacak. → **istenen**
- *«≈ 10 km'de, −40 °C civarında»* → Homojen donma sınırı soğukluğu. → **koşul = −40 °C**
- *«bazen saatlerce kalır?»* → Buza göre aşırı doymuşluk. → **istenen**
- *«neden AgI kullanılır?»* → Tohumlama maddesinin seçimi. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 40

Kullanılacak bilgi: Buz çekirdeği CCN'den çok seyrek; bu yüzden aşırı soğumuş su yaygındır. Hava buza göre aşırı doymuşsa kristal buharlaşmaz.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Buz çekirdeği CCN'den çok seyrek; bu yüzden aşırı soğumuş su

📋 Adım adım — Soru 40 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) 4 yol** — Dört yolu say. → **4 heterojen yol**
2. **(b) oluşum** — Egzoz ile soğuk havanın karışmasını bağla. → **karışma bulutu**


1. adım


2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 40 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) kalıcı** — Buza göre doymayı kontrol et. → **kalıcı iz** → **cirrus**
4. **(c) AgI** — AgI'nın yapısını yaz. → **Bergeron'u başlatır**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Contrail'i yalnız egzoz buharının donması sanmak; asıl neden karışmayla doyma ve buza göre aşırı doymuşluk.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) 4 yol → (b) oluşum → (b) kalıcı → (c) AgI

✓ Çözüm — Soru 40

sınav cevabı

- **(a) Depozisyon** (buhar doğrudan çekirdekte buz) · **yoğuşma-donma** · **immersion** (damla içindeki çekirdek) · **temas** (çekirdek damlaya çarpar).
- **(b)** Sıcak, nemli egzoz çok soğuk havayla karışır → karışım doyar (karışma sisi gibi), damlalar hemen donar. Hava **buza göre** aşırı doymuşsa kristaller buharlaşmaz → kalıcı iz, cirrusa dönüşebilir.
- **(c)** AgI'nın kristal örgüsü buza çok benzer → −5…−10 °C gibi görece ılık sıcaklıkta buz çekirdeği olur; Bergeron'u başlatır.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Buz çekirdeği CCN'den çok daha seyrek; bu yüzden aşırı soğumuş su yaygın.

GB K7 · Bölüm terimleri (1/2)

- **diffusivity** (n) difüzivite (yayınım katsayısı)
- **moisture flux** (n) nem akısı
- **supercooled** (adj) aşırı soğumuş
- **mixed-phase cloud** (n) karışık fazlı bulut
- **ice nuclei, IN** (n) buz çekirdekleri

💎 **ÖZ:** kinematic flux ÷ ρ yok · dynamic flux = ρ × kinematic.

GB K7 · Bölüm terimleri (2/2)

- **deposition** (n) buhardan buza geçiş
- **immersion freezing** (n) içten donma
- **dendrite** (n) dallı kar kristali
- **at the expense of** (phr) pahasına

*Buz kristalleri aşırı soğumuş damlaların **pahasına büyür**.*

Ice crystals **grow at the expense of** supercooled droplets.

💎 **ÖZ:** Kalıp: "A grows at the expense of B."

K8 · Limit hız, çarpışma, radar, yağış

📌 K8 · Yağış ve radar — Ne? Nerede? Sınavda ne yazılır?

- **Ne?** Bulut damlası ≈ 10 µm, yağmur damlası ≈ 1 mm → hacimce **10^6** kat. Bu sıçramayı difüzyon değil **çarpışma-birleşme** ya da **Bergeron** yapar.
- **Sıcak yağmur:** büyük damla hızlı düşer, yolundaki küçükleri toplar (Cu, deniz bulutu).
- **Soğuk yağmur:** kristal Bergeron ile büyür, düşerken erir.
- **Radar:** yansıma $Z \propto D^6$ → az sayıda iri damla sinyali belirler.
- **Sınavda yaz:** limit hız: ağırlık = sürüklenme.

💎 **ÖZ:** Yağış = büyük damlanın küçükleri toplaması; radar bunu dBZ ile görür.

📐 Limit (son) hız

$$w_T = \begin{cases} k_1 R^2 & R < 40\ \mu\text{m} \\ k_2 R & 40\ \mu\text{m} - 0.6\ \text{mm} \\ k_3 \sqrt{R} & 0.6 - 2\ \text{mm} \end{cases}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- $k_1 = 1.19 \times 10^8$ · $k_2 = 8 \times 10^3$ · $k_3 = 220$ (SI).
- R: **m** · sonuç m/s.

💎 **ÖZ:** Stokes: R 10 kat → w_T 100 kat.

📐 Çarpışma-birleşme

$$\frac{dR}{dt} = \frac{E \cdot LWC \cdot w_T}{4\,\rho_L}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- E: toplama verimi · LWC: kg/m³ (1 g/m³ = 10^{-3}).
- w_T: toplayan damlanın limit hızı.

💎 **ÖZ:** Damla büyüdükçe w_T artar → büyüme hızlanır (kartopu).

📐 Radar yansıması → yağış hızı

$$RR = c \cdot 10^{\,0.0625\,dBZ} \qquad Z = 200\,RR^{1.6}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- c = 0.036 mm/h · dBZ = 10 $\log_{10}$ Z.
- Z: $mm^6\ m^{-3}$ · RR: mm/h (Marshall–Palmer Z–R).

💎 **ÖZ:** Her +16 dBZ yağış hızını ≈ 10 katına çıkarır.

📐 Marshall–Palmer damla dağılımı

$$N(D) = N_0\, e^{-\Lambda D}, \qquad \Lambda = 4.1\, RR^{-0.21}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- N_0 = 8000 m^{-3} mm^{-1} · Λ: mm^{-1} · D: mm · RR: mm/h.
- Toplam N_T = N_0/Λ · medyan hacim çapı $D_0 = 3.67/\Lambda$.

💎 **ÖZ:** Yağış şiddetlenince Λ küçülür → iri damlalar artar.

📐 Euler su bütçesi

$$\frac{\Delta r_T}{\Delta t} = \frac{\rho_L}{\rho_d}\,\frac{\Delta P_r}{\Delta z}$$

Formüldeki terimler — tek tek:

- ΔP_r = P_r(üst) − P_r(alt), m/s.
- ρ_L/ρ_d ≈ 1000 · adveksiyon, türbülans yok.

💎 **ÖZ:** 1 cm/h = 2.78×10⁻⁶ m/s.

🎯 S41 · Limit hız ve düşme süresi

tanım

Soru: Yarıçapı (a) 10 μm (b) 100 μm (c) 1 mm olan damlaların deniz seviyesindeki limit hızı? Her biri 1 km'yi kaç sürede düşer? 10 μm'lik damla neden yere ulaşmaz?

web'de çöz

rejim seç → w_T → t = 1000/w_T

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: önce R'nin hangi aralıkta olduğuna bak.

📋 Ne istiyor? — Soru 41

formül

Ne istiyor? 10 μm, 100 μm ve 1 mm yarıçaplı damlaların limit hızı, 1 km düşme süresi ve 10 μm damlanın neden yere ulaşmadığı.

Soru tipi: Hesap · limit hız ve düşme süresi

animasyon

- *terminal (fall) velocity* → limit (son) düşme hızı · ağırlık = sürüklenme; R'ye göre rejim
- *why does it not reach the ground?* → neden yere ulaşmaz? · bulut tabanı altında buharlaşır

---

💎 **ÖZ:** Hesap · limit hız ve düşme süresi

📋 Verilenler — Soru 41

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«(a) 10 μm (b) 100 μm (c) 1 mm»* → Üç yarıçap, üç rejim. → **R = 10 μm, 100 μm, 1 mm**
- *«deniz seviyesindeki limit hızı?»* → w_T istenir. → **w_T**
- *«1 km'yi kaç sürede düşer?»* → t = 1000 m / w_T. → **istenen = 1000 m**
- *«10 μm'lik damla neden yere ulaşmaz?»* → Buharlaşma açıklanacak. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 41

Limit hız (üç rejim) — Soru farklı boyların düşme hızını istiyor; her boy kendi rejiminin kalıbıyla hesaplanır.

terimler

türetim

$$w_T = \begin{cases} k_1 R^2 & R < 40\ \mu\text{m} \\ k_2 R & 40\ \mu\text{m} - 0.6\ \text{mm} \\ k_3 \sqrt{R} & 0.6 - 2\ \text{mm} \end{cases}$$

w_T: limit hız, m/s · R: damla yarıçapı, m · k_1, k_2, k_3: 1.19×10^{8} · 8×10^{3} · 220 (SI)

💎 **ÖZ:** Formül: Limit hız (üç rejim)

📋 Adım adım — Soru 41 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) 10 µm** — k_1R^2; R metre. → **0.012 m/s · ≈ 23 saat**
2. **(b) 100 µm** — k_2R. → **0.8 m/s · ≈ 21 dk**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 41 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(c) 1 mm** — $k_3\sqrt{R}$. → **7.0 m/s · ≈ 2.4 dk**
4. **yorum** — 10 µm damlanın kaderini yaz. → **yere ulaşmaz**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** µm'yi metreye çevirmeden kare almak ya da rejimi seçmeden tek formül kullanmak.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) 10 µm → (b) 100 µm → (c) 1 mm → yorum

✓ Çözüm — Soru 41

sınav cevabı

- **(a) 10 µm (k_1R^2):** $1.19\times10^{8} \times (10^{-5})^2$ = **0.012 m/s** → 1 km ≈ **23 saat**.
- **(b) 100 µm (k_2R):** $8\times10^{3} \times 10^{-4}$ = **0.8 m/s** → ≈ **21 dk**.
- **(c) 1 mm ($k_3\sqrt{R}$):** $220 \times \sqrt{10^{-3}}$ = **7.0 m/s** → ≈ **2.4 dk**.
- **Yorum:** bulut damlası, yukarı hareket ≥ 1 cm/s olunca asılı kalır; bulut tabanının altındaki doymamış havada **buharlaşır**.
- ⚠ **Sık hata:** µm'yi metreye çevirmeden kare almak.

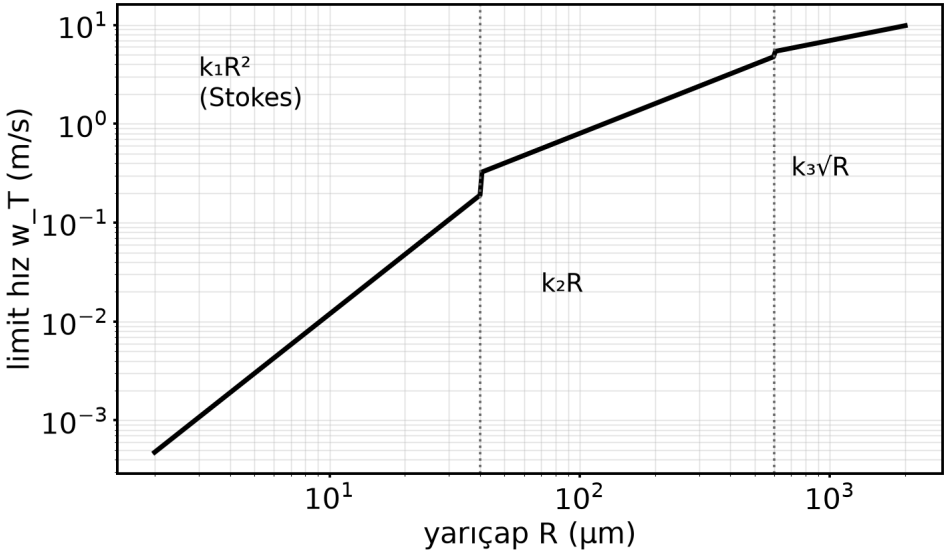
adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Bulut damlası asılı, çiseleme yavaş, yağmur damlası saniyeler-dakikalar.

📈 Çözüm — Soru 41 · Grafik

Üç rejim: Stokes (R^2), ara (R), büyük damla ($\sqrt{R}$); log-log eksen



💎 **ÖZ:** Eğim log-log'da 2 → 1 → ½: damla büyüdükçe hız artışı yavaşlar.

🎯 S42 · Çarpışma-birleşme hızı

tanım

Soru: LWC = 1 g/m³ olan bulutta E = 0.8. (a) R = 100 μm'lik damla anlık ne hızla büyür (mm/h)? (b) Ara rejimde ($w_T = k_2 R$) damla 100 μm'den 600 μm'ye kaç dakikada ulaşır? Difüzyonla kıyaslayın.

web'de çöz

(a) dR/dt · (b) $R = R_0 \cdot \exp(at) \rightarrow t$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: $w_T = k_2 R$ konunca $dR/dt \propto R \rightarrow$ üstel büyüme.

📋 Ne istiyor? — Soru 42

formül

Ne istiyor? LWC = 1 g/m^3, E = 0.8 bulutta 100 µm damlanın anlık büyüme hızı ve ara rejimde 100→600 µm büyüme süresi; difüzyonla kıyas.

Soru tipi: Hesap · çarpışma-birleşme hızı

animasyon

- *collision-coalescence* → çarpışma-birleşme · dR/dt = E·LWC·w_T/(4ρ_L)
- *collection efficiency* → toplama verimi · E: çarpıp birleşen pay

---

💎 **ÖZ:** Hesap · çarpışma-birleşme hızı

📋 Verilenler — Soru 42

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«LWC = 1 g/m³»* → Bulut suyu. → **LWC = 10^{-3} kg/m³**
- *«E = 0.8»* → Toplama verimi. → **E = 0.8**
- *«R = 100 μm'lik damla»* → w_T ≈ 0.8 m/s. → **w_T = 0.8 m/s**
- *«100 μm'den 600 μm'ye kaç dakikada»* → Üstel büyümeyle süre. → **istenen**
- *«Difüzyonla kıyaslayın»* → Difüzyonla büyüme süresiyle kıyas. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 42

Çarpışma-birleşme büyümesi — Soru toplayarak büyüme hızını istiyor; damlanın süpürdüğü bulut suyunu veren kalıp bu.

terimler

türetim

$$\frac{dR}{dt} = \frac{E \cdot LWC \cdot w_T}{4\,\rho_L}$$

E: toplama verimi · LWC: sıvı su içeriği, kg/m³ · w_T: toplayan damlanın limit hızı · ρ_L: = 1000 kg/m³

💎 **ÖZ:** Formül: Çarpışma-birleşme büyümesi

📋 Adım adım — Soru 42 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) dR/dt** — w_T = 0.8 m/s ile formüle koy. → **1.6×10^{-7} m/s ≈ 0.58 mm/h**
2. **üstel** — $w_T = k_2R$ koy: dR/dt = a·R. → **a = 1.6×10^{-3} s^{-1}**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 42 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) t** — $t = \ln(R/R_0)/a$. → **≈ 19 dk**
4. **kıyas** — Difüzyonla (S36) kıyasla. → **çarpışma çok daha hızlı**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** LWC'yi g/m³ (1) olarak koymak; formülde kg/m³ (10^{-3}) olmalı.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) dR/dt → üstel → (b) t → kıyas

✓ Çözüm — Soru 42

sınav cevabı

- **(a)** dR/dt = 0.8 × 10^{-3} × 0.8 / 4000 = **1.6×10^{-7} m/s ≈ 0.58 mm/h**.
- **(b)** dR/dt = a·R, a = E·LWC·k_2/(4ρ_L) = 0.8 × 10^{-3} × 8000 / 4000 = **1.6×10^{-3} s^{-1}**.

$$t = \frac{\ln(600/100)}{1.6 \times 10^{-3}} = 1120\ \text{s} \approx 19\ \text{dk}$$

- **Kıyas:** difüzyon 10→100 µm için ≈ 69 dk (S36) ve yavaşlıyor; çarpışma ise **hızlanıyor**.
- **Yorum:** sıcak bulutta yağmur ≈ yarım saatte oluşabilir — ama önce birkaç "iri" (≈ 20 µm+) damla gerekir.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Difüzyon: R ∝ √t (yavaşlar) · çarpışma: R ∝ e^(at) (hızlanır).

🎯 S43 · dBZ → yağış hızı (örnek soru)

tanım

Soru: Radar yansıması (a) 43 dBZ (b) 30 dBZ (c) 55 dBZ iken yağış hızı? Z = 200·RR^1.6 ile (a)'yı kontrol edin. 55 dBZ ne anlatır?

web'de çöz

RR = 0.036·10^(0.0625·dBZ) · Z = 10^(dBZ/10)

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: 0.0625 × 43 = 2.69.

📋 Ne istiyor? — Soru 43

formül

Ne istiyor? 43, 30 ve 55 dBZ yansıma için yağış hızı RR, Z = 200·RR^1.6 ile (a)'nın kontrolü ve 55 dBZ'nin anlamı.

Soru tipi: Hesap · dBZ → yağış hızı

diyagram

- *rainfall rate for a given echo* → verilen yansıma için yağış hızı · RR = 0.036·10^(0.0625·dBZ)
- *radar reflectivity factor* → radar yansıma çarpanı · Z = 10^(dBZ/10), $mm^6\ m^{-3}$

💎 **ÖZ:** Hesap · dBZ → yağış hızı

📋 Verilenler — Soru 43

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«(a) 43 dBZ»* → Yansıma (a). → **dBZ = 43**
- *«(b) 30 dBZ»* → Yansıma (b). → **dBZ = 30**
- *«(c) 55 dBZ»* → Yansıma (c). → **dBZ = 55**
- *«yağış hızı?»* → RR istenir. → **RR**
- *«Z = 200·RR^1.6 ile (a)'yı kontrol edin»* → Z = 10^(dBZ/10) ile ters çözüm. → **Z = 10^4.3 mm⁶/m³**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 43

Yansıma → yağış hızı — Soru dBZ'den yağış hızını istiyor; logaritmik yansımayı mm/h'e çeviren kalıplar bunlar.

terimler

türetim

$$RR = 0.036 \cdot 10^{\,0.0625\,dBZ} \qquad Z = 200\,RR^{1.6}$$

RR: yağış hızı, mm/h · dBZ: = 10 $\log_{10}$ Z · Z: yansıma çarpanı, $mm^6\ m^{-3}$

💎 **ÖZ:** Formül: Yansıma → yağış hızı

📋 Adım adım — Soru 43 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) 43** — 0.0625 × 43'ü 10'un üssü yap, 0.036 ile çarp. → **RR = 17.5 mm/h**
2. **(b) 30** — Aynı işlemi yap. → **2.7 mm/h (hafif-orta)**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 43 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(c) 55** — Aynı işlemi yap. → **≈ 99 mm/h** → **dolu olası**
4. **kontrol** — Z = 10^(dBZ/10), sonra RR = (Z/200)^(1/1.6). → **17.8 mm/h** ✓

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** dBZ'yi doğrudan Z sanmak; Z = 10^(dBZ/10).

💎 **ÖZ:** Plan: (a) 43 → (b) 30 → (c) 55 → kontrol

✓ Çözüm — Soru 43

sınav cevabı

- **(a)** 0.0625 × 43 = 2.69 → 10^2.69 = 486.9.

$$RR = 0.036 \times 486.9 = 17.5\ \mathrm{mm/h}$$

- **(b) 30 dBZ:** 0.036 × 10^1.875 = **2.7 mm/h** (hafif-orta).
- **(c) 55 dBZ:** 0.036 × 10^3.44 = **≈ 99 mm/h** → slayt grafiğinde en üst seviye: **dolu (hail)** olasılığı.
- **Kontrol (a):** Z = 10^4.3 = 2.0×10^4 → RR = (Z/200)^(1/1.6) = **17.8 mm/h** ✓.
- ⚠ **Sık hata:** dBZ'yi doğrudan Z sanmak; Z = 10^(dBZ/10).

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** dBZ logaritmik: 43 → 17.5, 55 → ≈ 100 mm/h.

🎯 S44 · Marshall–Palmer

tanım

Soru: RR = 10 mm/h için (a) Λ (b) D = 1 mm ve 3 mm'de N(D) (c) toplam damla sayısı ve medyan hacim çapı D_0? RR = 1 ve 50 mm/h'te D_0 nasıl değişir?

web'de çöz

Λ → N(D) → $N_T = N_0/\Lambda$ → $D_0 = 3.67/\Lambda$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: 10^(−0.21) = 0.617.

📋 Ne istiyor? — Soru 44

formül

Ne istiyor? RR = 10 mm/h için Λ, D = 1 ve 3 mm'de N(D), toplam damla sayısı ve D_0; RR = 1 ve 50 mm/h'te D_0'ın değişimi.

Soru tipi: Hesap · Marshall–Palmer dağılımı

diyagram

- *raindrop size distribution* → yağmur damlası boy dağılımı · N(D) = N_0e^(–ΛD)
- *median volume diameter* → medyan hacim çapı · D_0 = 3.67/Λ

💎 **ÖZ:** Hesap · Marshall–Palmer dağılımı

📋 Verilenler — Soru 44

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«RR = 10 mm/h için»* → Yağış hızı. → **Λ = 10 mm/h**
- *«D = 1 mm ve 3 mm'de N(D)»* → İki çapta sayı yoğunluğu. → **D = 1 mm, 3 mm**
- *«toplam damla sayısı ve medyan hacim çapı D_0?»* → N_T ve D_0 istenir. → **$N_T = N_0 = 8000\ m^{-3}\ mm^{-1}$**
- *«RR = 1 ve 50 mm/h'te D_0»* → D_0'ın RR ile değişimi. → **D_0 = 1, 50 mm/h**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 44 (1/2)

Marshall–Palmer dağılımı — Soru belli yağış hızında damla sayılarını istiyor; Marshall–Palmer dağılımı bunu verir.

terimler

türetim

$$N(D) = N_0\, e^{-\Lambda D}, \qquad \Lambda = 4.1\, RR^{-0.21}$$

N(D): damla sayısı, $m^{-3}\ mm^{-1}$ · N_0: = 8000 $m^{-3}\ mm^{-1}$ · Λ: eğim, mm^{-1} · D: damla çapı, mm

---

💎 **ÖZ:** Marshall–Palmer dağılımı

📋 Hangi formül? — Soru 44 (2/2)

Toplam sayı ve D₀ — Dağılımın integrali toplam sayıyı, 3.67/Λ medyan hacim çapını verir.

$$N_T = \frac{N_0}{\Lambda} \qquad D_0 = \frac{3.67}{\Lambda}$$

N_T: toplam damla, m^{-3} · D_0: medyan hacim çapı, mm

💎 **ÖZ:** Toplam sayı ve D₀

📋 Adım adım — Soru 44 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) Λ** — 4.1 × 10^(−0.21). → **Λ = 2.53 mm⁻¹**
2. **(b) N(D)** — N₀e^(−ΛD)'yi D = 1 ve 3 mm için hesapla. → **640 ve 4.1 m⁻³ mm⁻¹**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 44 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(c) toplam** — N_0/Λ ve $3.67/\Lambda$. → **≈ 3170 m^{-3} • D_0 ≈ 1.45 mm**
4. **şiddet** — RR = 1 ve 50 için Λ ve D_0. → **0.90 mm → 2.04 mm**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** D'yi metre ya da Λ'yı m^{-1} almak; Marshall–Palmer'de D mm, Λ mm^{-1}.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) Λ → (b) N(D) → (c) toplam → şiddet

✓ Çözüm — Soru 44

sınav cevabı

- **(a)** Λ = 4.1 × 10^(−0.21) = **2.53 mm⁻¹**.
- **(b)** N(1) = 8000·e^(−2.53) ≈ **640** · N(3) = 8000·e^(−7.58) ≈ **4.1 m⁻³ mm⁻¹** → 3 mm'lik damla 150 kat az.
- **(c)** N_T = 8000/2.53 ≈ **3170 m⁻³** · D_0 = 3.67/2.53 ≈ **1.45 mm**.
- **Şiddet:** RR = 1 → D_0 ≈ **0.90 mm** · RR = 50 → D_0 ≈ **2.04 mm**.
- **Yorum:** şiddetli yağmurda iri damla payı artar → radar Z (∝ D^6) hızla büyür.

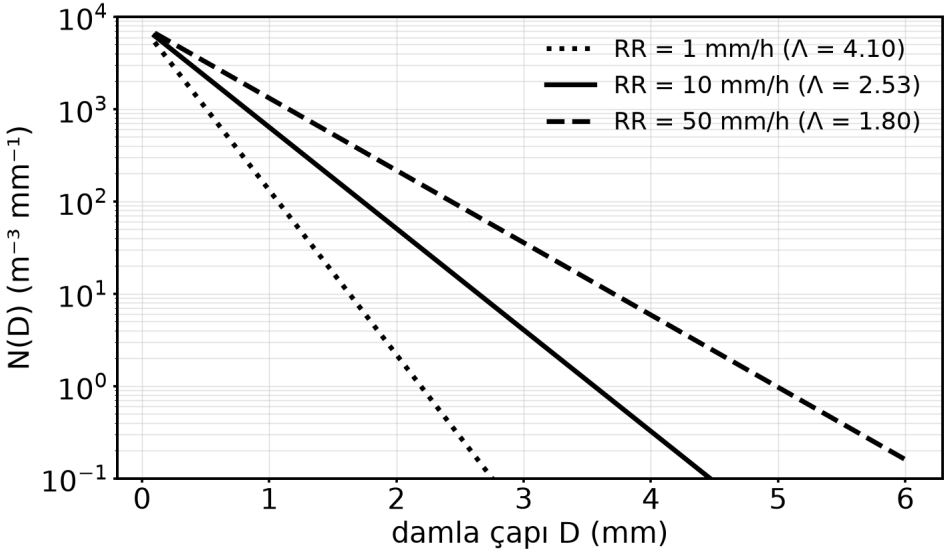
adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Λ ↓ (RR ↑) → dağılım düzleşir, iri damlalar çoğalır.

📈 Çözüm — Soru 44 · Grafik

Yarı-log eksende düz çizgiler: eğim −Λ; şiddet arttıkça çizgi yatıklaşır



💎 **ÖZ:** Kesişim N_0 hep aynı (8000); değişen yalnız eğim Λ.

🎯 S45 · Bulut tabanı altında yağış (örnek soru)

tanım

Soru: Bulut tabanından 0.7 cm/h yağış çıkıyor; tabanın 250 m altında 0.5 cm/h ölçülüyor. ρ_air = 1 kg/m³; adveksiyon ve türbülans yok. Bu 250 m'lik katmanda toplam su karışma oranı ne hızla değişir?

web'de çöz

cm/h → m/s → ΔP_r → ΔrT/Δt

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: 0.7 cm/h = 1.944×10^{-6} m/s.

📋 Ne istiyor? — Soru 45

formül

Ne istiyor? Bulut tabanından 0.7 cm/h çıkan, 250 m aşağıda 0.5 cm/h ölçülen yağışa göre katmandaki toplam su karışma oranının değişim hızı.

Soru tipi: Hesap · Euler su bütçesi

diyagram

- *rate of change of total water mixing ratio* → toplam su karışma oranının değişim hızı · $\Delta r_T/\Delta t = (\rho_L/\rho_d)(\Delta P_r/\Delta z)$
- *virga* → yere ulaşmayan yağış · + işaret: yağış katmanda buharlaşıyor

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Bulut tabanından 0.7 cm/h»* → Üstteki yağış akısı. → **ΔP_r = 0.7 cm/h**
- *«250 m altında 0.5 cm/h»* → Alttaki akı; fark buharlaşmadır. → **ΔP_r = 0.5 cm/h, Δz = 250 m**
- *«ρ_{air} = 1 kg/m³»* → Kuru hava yoğunluğu. → **ρ_L/ρ_d = 1000/1**
- *«adveksiyon ve türbülans yok»* → Yalnız yağış akısı farkı etkili. → **koşul**

- *«toplam su karışma oranı ne hızla değişir?»* → $\Delta r_T/\Delta t$ istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · Euler su bütçesi

📋 Hangi formül? — Soru 45

Euler su bütçesi — Soru katmana giren ve çıkan yağış farkından suyun değişimini istiyor; Euler bütçesi bunu verir.

terimler

türetim

$$\frac{\Delta r_T}{\Delta t} = \frac{\rho_L}{\rho_d}\,\frac{\Delta P_r}{\Delta z}$$

Δr_T/Δt: toplam su değişimi, kg kg^{-1} s^{-1} · ΔP_r: üst – alt yağış, m/s · ρ_L/ρ_d: ≈ 1000 · Δz: katman kalınlığı, m

---

💎 **ÖZ:** Formül: Euler su bütçesi

📋 Adım adım — Soru 45 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **birim** — cm/h'yi m/s'ye çevir: 100'e ve 3600'e böl. → **ΔP_r = 0.556×10⁻⁶ m/s**
2. **bütçe** — Formüle koy. → **2.22×10⁻⁶ kg kg⁻¹ s⁻¹**

1. adım

2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 45 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **g/kg/h** — 1000 ile (g/kg) ve 3600 ile (saat) çarp. → **≈ 8 g kg^{-1} h^{-1}**
4. **yorum** — İşareti yorumla. → **buharlaşma** → **nemlenme**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** cm/h'yi yalnız 3600'e bölüp 100'e bölmeyi unutmak (100 kat hata).

💎 **ÖZ:** Plan: birim → bütçe → g/kg/h → yorum

✓ Çözüm — Soru 45

sınav cevabı

- **Birim:** P_üst = 1.944×10⁻⁶ · P_alt = 1.389×10⁻⁶ m/s → ΔP_r = **0.556×10⁻⁶ m/s**.

$$\frac{\Delta r_T}{\Delta t} = \frac{1000}{1} \times \frac{0.556 \times 10^{-6}}{250} = 2.22 \times 10^{-6}\ \frac{\text{kg}}{\text{kg s}}$$

- = **0.00222 g kg⁻¹ s⁻¹ ≈ 8 g kg⁻¹ h⁻¹**.
- **Yorum:** + işaret → yağmurun bir kısmı katmanda **buharlaştı**; katman nemlenir ve soğur (buharlaşma soğuması → aşağı hava akımı, virga).
- ⚠ **Sık hata:** cm/h'yi 3600'e bölüp 100'e bölmeyi unutmak.

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Üstten giren yağış > alttan çıkan → fark katmanda buhar olarak kalır.

🎯 S46 · Yağış süreçleri (kavram)

tanım

Soru: (a) Sıcak yağmur ve soğuk yağmur süreçlerini karşılaştırın. (b) Neden deniz üstü Cu'lar kara üstündekilerden daha kolay yağış verir? (c) Cb'de dolu nerede düşer, güçlü updraft nerededir?

web'de çöz

(a) iki süreç · (b) CCN farkı · (c) slayttaki Cb

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İpucu: S32 ve S37'yi birleştir.

📋 Ne istiyor? — Soru 46

tanım

Ne istiyor? Sıcak ve soğuk yağmur süreçlerinin farkı, deniz Cu'larının neden kolay yağış verdiği ve Cb'de dolu ile güçlü updraft'ın yeri.

Soru tipi: Kavram · yağış süreçleri

animasyon

- *warm rain vs cold rain process* → sıcak ve soğuk yağmur süreci · çarpışma-birleşme ↔ Bergeron
- *updraft* → yukarı hava akımı · Cb'de en güçlü: üst üçte bir

---

💎 **ÖZ:** Kavram · yağış süreçleri

📋 Verilenler — Soru 46

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Sıcak yağmur ve soğuk yağmur süreçlerini»* → İki yağış oluşumu kıyaslanacak. → **istenen**
- *«deniz üstü Cu'lar»* → Az CCN'li deniz havası. → **koşul**
- *«dolu nerede düşer, güçlü updraft nerededir?»* → Cb içi yerleşim istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Her sayının işini bil: formülde nereye girdiğini gör.

📋 Hangi formül? — Soru 46

Kullanılacak bilgi: Sıcak yağmur: çarpışma-birleşme (bulut > 0 °C). Soğuk yağmur: Bergeron + riming + topaklanma. Az CCN = iri damla = erken yağış.

💎 **ÖZ:** Formül: Sıcak yağmur: çarpışma-birleşme (bulut > 0 °C). Soğuk yağmur

📋 Adım adım — Soru 46 (1–2)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

1. **(a) sıcak** — Sıcak yağmuru tanımla. → **çarpışma-birleşme**
2. **(a) soğuk** — Soğuk yağmuru tanımla. → **Bergeron + riming**


1. adım


2. adım

💎 **ÖZ:** Devamı sonraki sayfada (3–4).

📋 Adım adım — Soru 46 (3–4)

Kare kodu okut ya da dokun: web'de o adım açılır.

3. **(b) deniz** — CCN farkını bağla. → **az CCN → iri damla**
4. **(c) Cb** — Cb yapısını yaz. → **dolu ön kenarda**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Tüm yağmurun buzdan geldiğini sanmak; sıcak bulutta yağmuru çarpışma-birleşme yapar.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) sıcak → (a) soğuk → (b) deniz → (c) Cb

✓ Çözüm — Soru 46

sınav cevabı

- **(a) Sıcak:** bulut tamamen > 0 °C; çarpışma-birleşme (tropik, deniz Cu'ları). **Soğuk:** bulut tepesi < 0 °C; Bergeron ile kristal, sonra kırağılanma (riming) ve topaklanma; yere yağmur olarak erir (orta enlem yağışının çoğu).
- **(b)** Deniz havasında CCN az → damla sayısı az, damlalar iri (≈ 16 µm'ye karşı 8 µm) → çarpışma erken başlar.
- **(c)** Updraft en güçlü **üst üçte birde**; dolu örsün **ön kenarından** düşer (slayt). Güçlü updraft dolu tanesini tekrar tekrar yukarı taşır.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Az CCN + derin sıcak katman = sıcak yağmur; derin soğuk katman = Bergeron.

GB K8 · Bölüm terimleri (1/2)

- **terminal velocity** (n) limit (son) hız
- **collision-coalescence** (n) çarpışma-birleşme
- **collection efficiency** (n) toplama verimi
- **raindrop size distribution** (n) yağmur damlası boy dağılımı
- **reflectivity** (n) radar yansıması (dBZ)

💎 **ÖZ:** warm rain = buzsuz · cold rain = Bergeron'lu.

GB K8 · Bölüm terimleri (2/2)

- **rainfall rate** (n) yağış hızı (mm/h)
- **riming** (n) kırağılanma (kristale damla donması)
- **aggregation** (n) topaklanma (kar tanesi)
- **virga** (n) yere ulaşmayan yağış

*Büyük damlalar küçük damlalardan **daha hızlı düşer** ve onları **toplar**.*

Large drops **fall faster than** small droplets and **collect** them.

💎 **ÖZ:** Kalıp: "A falls faster than B and collects it."

Son 30 dakika · tüm formüller

📌 Son 30 dk · 1 — θ, T_v, kaldırma kuvveti

$$\theta = T\left(\frac{100}{P}\right)^{0.28571}$$

$$T_v = T\left(1 + 0.61\, r - r_L\right)$$

$$\frac{F}{m} = |g|\,\frac{T_{v,p} - T_{v,e}}{T_{v,e}}$$

💎 **ÖZ:** T Kelvin, P kPa, r kg/kg; F/m'de payda çevre.

📌 Son 30 dk · 2 — kararlılık, taban

$$\mathrm{CAPE} \approx |g| \sum \frac{\Delta T_v}{T_{v,e}} \, \Delta z$$

$$z_{LCL} = 0.125\,(T - T_d) \qquad \Gamma = -\frac{\Delta T}{\Delta z}$$

- Γ < Γs **kararlı** · Γs < Γ < Γd **koşullu** · Γ > Γd **kararsız** · Γ < 0 **terselme**.
- Γd = 9.8 K/km · Γs ≈ 6 K/km · w_max ≈ √(2·CAPE).

💎 **ÖZ:** z km, T – T_d K. Koşullu kararsızda parsel LFC'ye zorlanmalı.

📌 Son 30 dk · 3 — karışma, e_s, çözelti

$$T_X = \frac{m_B T_B + m_C T_C}{m_X} \qquad e_X = \frac{m_B e_B + m_C e_C}{m_X}$$

$$e_s = 0.611 \exp\left[\frac{L}{\Re_v}\left(\frac{1}{273.15} - \frac{1}{T}\right)\right]$$

$$\ln\frac{P_2}{P_1} = \frac{Q}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

- $L/\Re_v$ = **5423 K** (su) · **6139 K** (buz) · RH_kr = p(doygun çözelti)/p(su).

💎 **ÖZ:** Karışımda RH'yi değil T ve e'yi ortala.

📌 Son 30 dk · 4 — Kelvin, Köhler

$$RH = 100\% \cdot \exp\left[\frac{0.334\ \mu\text{m K}}{T\,R}\right]$$

$$\frac{e^*}{e_s} = \exp\left[\frac{c_1}{TR} - \frac{c_2\,i\,m_s}{M_s R^3}\right]$$

$$R^* = \sqrt{\frac{3c_2\,i\,m_s\,T}{c_1 M_s}} \qquad S^* = \frac{2}{3}\,\frac{c_1}{T\,R^*}$$

- c_1 = 3.34×10⁻⁷ m K · c_2 = 4.3×10⁻⁶ m³/mol · NaCl i = 2.

💎 **ÖZ:** Kelvin'de R µm; Köhler'de R metre.

📌 Son 30 dk · 5 — CCN, D, akı

$$N_{CCN} = c\,S^{k} \qquad x = N^{-1/3}$$

$$D = 2.11 \times 10^{-5}\,\frac{101.3}{P}\left(\frac{T}{273.15}\right)^{1.94}$$

$$F = -D\,\frac{\Delta r}{\Delta x} \approx -D\,r_s\,\frac{\Delta S}{\Delta x}$$

- Kara c = 6×10⁸ m⁻³, k = 0.5 · deniz 10⁸, 0.7 · S yüzde sayı.

💎 **ÖZ:** Dinamik akı = ρ_air × kinematik akı.

📌 Son 30 dk · 6 — difüzyonla büyüme, donma

$$R^2 = R_0^2 + \frac{2D\,\Delta\rho_v}{\rho_L}\,t$$

$$\Delta\rho_v = S\,\frac{e_s}{\mathfrak{R}_v T}$$

$$T \approx 235 + 3\ln\frac{R}{5\ \mu\mathrm{m}}$$

💎 **ÖZ:** Difüzyon: R ∝ √t, yavaşlar.

📌 Son 30 dk · 7 — buz kristali, limit hız

$$m_{3D} = 11.85 \left(\frac{\rho_v^3}{\rho_i} \right)^{1/2} (DSt)^{3/2}$$

$$m_{2D} = \frac{5.09}{d} \frac{\rho_v^2}{\rho_i} (DSt)^2$$

$$w_T = k_1 R^2, \quad k_2 R, \quad k_3 \sqrt{R}$$

- $k_1 = 1.19 \times 10^8$ ($R < 40$ μm) · $k_2 = 8 \times 10^3$ · $k_3 = 220$ ($R > 0.6$ mm).

💎 **ÖZ:** Bergeron'un en güçlü olduğu yer ≈ –12 °C.

📌 Son 30 dk · 8 — toplama, radar

$$\frac{dR}{dt} = \frac{E \cdot LWC \cdot w_T}{4\rho_L}$$

$$RR = 0.036 \cdot 10^{\,0.0625\,dBZ}$$

$$Z = 200\,RR^{1.6}$$

- RR mm/h · dBZ = 10 log₁₀ Z.

💎 **ÖZ:** +16 dBZ ≈ yağış × 10.

📌 Son 30 dk · 9 — Marshall–Palmer, Euler

$$N(D) = 8000\, e^{-\Lambda D} \qquad \Lambda = 4.1\, RR^{-0.21}$$

$$N_T = \frac{N_0}{\Lambda} \qquad D_0 = \frac{3.67}{\Lambda}$$

$$\frac{\Delta r_T}{\Delta t} = \frac{\rho_L}{\rho_d}\,\frac{\Delta P_r}{\Delta z}$$

- 1 cm/h = 2.78×10⁻⁶ m/s.

💎 **ÖZ:** RR ↑ → Λ ↓ → iri damla ↑.

📌 Son 30 dk · 10 — sabitler ve eşikler

- e_0 = 0.611 kPa · T_0 = 273.15 K · ε = 0.622 · $\Re d$ = 287 · $\Re_v$ = 461.5 J $kg^{-1}K^{-1}$.
- L_v = 2.5×10^6 J/kg · cp = 1004 · L_v/cp ≈ 2490 K · |g| = 9.8 m s^{-2}.
- ρ_L = 1000 · ρ_i ≈ 917 kg/m^3 · ρ_m = 3.34×10^{28} m^{-3}.
- Bulut: yüksek > 6 km (buz) · orta 2–6 km · alçak < 2 km.
- Örtü: clear < 1/10 · scattered 1–5 · broken 6–9 · overcast > 9/10.
- Sis: T − Td < 2 °F · ışınım sisi 3–7 kt · adveksiyon 3–9 kt · LVP ≈ 600 m.

💎 **ÖZ:** Hesap makinesinde önce birim: K, kg/kg, m, s.

Sık yapılan hatalar

⚠️ Sık yapılan hatalar · 1 — birim ve işaret

- **°C ile oran almak** (θ, F/m, D, Kelvin etkisi) → hep **Kelvin**.
- **g/kg'ı kg/kg sanmak** (T_v, θe, akı) → 12 g/kg = **0.012**.
- **Γ işaretini ters almak** → sıcaklık yukarı doğru düşüyorsa Γ **pozitif**.
- **F/m paydasına parseli koymak** → payda **çevre** T_v.
- **Akının eksi işaretini atmak** → eksi = çoktan aza akış (damlaya doğru).
- **cm/h → m/s'de 100'ü unutmak** → 1 cm/h = 2.78×10^{-6} m/s.
- **Kelvin formülünde R'yi metre, c_1'i µm bırakmak** → üs saçma büyür.

💎 **ÖZ:** Hataların yarısı birimden: her sayının yanına birimini yaz.

⚠️ Sık yapılan hatalar · 2 — kavram

- **RH'leri ortalamak** (karışma sisi) → T ve e ortalanır, sonra e_s ile kıyas.
- **Adveksiyon sisi ile buhar sisini karıştırmak** → ılık hava/soğuk yüzey ↔ soğuk hava/ılık su.
- **0 °C altında 5423 K kullanmak** (don noktası) → buz için **6139 K**.
- **Kuru adyabatı doyma kontrolsüz uzatmak** → LCL'nin üstünde nemli adyabat.
- **"Higroskopik = buhar basıncı yüksek"** → tersi: doygun çözelti basıncı **düşük**.
- **Difüzyonun yağmur yaptığını yazmak** → yağmuru çarpışma-birleşme ya da Bergeron yapar.
- **Cs ile As'yi karıştırmak** → hale + gölge = Cs; hale yok, gölge yok = As.

💎 **ÖZ:** Her hesabın sonuna tek cümlelik fiziksel yorum ekle: puanın bir kısmı oradadır.

⚠️ Sık yapılan hatalar · 3 — sınav tekniği

- **Verilenleri listele, birimleri SI'ya çevir, formülü yaz, sonra sayı koy** — kısmi puan buradan gelir.
- **Mantık kontrolü:** e birkaç kPa · r < 40 g/kg · T_d ≤ T · F/m ~ 0.1 m s^{-2} · S* ~ %0.1–1 · w_T(1 mm) ~ 7 m/s.
- **Soru kökündeki fiil → formül:** *buoyant force* → F/m · *activate* → S*, N = cS^k · *diffusivity* → D · *freeze* → $T_1 + T_2$ ln · *rainfall for echo* → RR(dBZ).
- **Grafik sorusu:** eksen birimini ve log ölçeği oku (Köhler, Marshall–Palmer).

💎 **ÖZ:** Formül kâğıdı verilir; kazandıran, hangi formülün ne zaman kullanılacağını bilmek.