MTO323

ATMOSFER KİMYASI SORU-ÇÖZÜM

VİZE-2

Ömer Faruk Akıncı

🎯 **S#** soruyu kutuya kendin çöz → sayfayı çevir → ✓ **S#** adım adım çözüm.
44 soru · 6 bölüm · GB terimler · son 30 dakika + sık hatalar. **Kare kod:** okut / dokun → web'de tam o parça.

MTO323 · SORU-ÇÖZÜM — HARİTA

📌 KAPSAM — HANGİ SINAV?

- **Sınav:** 2. ara sınav · izlence takvimi 17.12.2026 · notun %20'si.
- **Ağırlık (≈ %70):** 4. ders dosyası → sera etkisi, bulut, aerosol, PM, optik derinlik, asit yağmuru, Pinatubo, PSC, ENSO.
- **Araç:** 3. dosyanın birim hesapları (ppm, n, $\mu g/m^3$).
- **Tekrar:** ozon kimyası (2. dosya; final kümülatif).
- **[EK]:** ömür, kutu modeli, kinetik — ders kitabından (Jacob).

💎 **ÖZ:** Önce 2–4. bölüm, sonra birimler; [EK] bölümü en son.

📌 NASIL ÇALIŞILIR?

- 📖 **sayfası:** konunun özü → **Ne?** · **Nerede?** · **Sınavda yaz**.
- **Formül kartı:** formül büyük, altında terimler tek tek; kutuya bir kez kendi elinle yaz.
- 🎯 **S#:** soru + kesikli kutu → çözümü görmeden **kendin** yaz.
- ✓ **S# (arka sayfa):** adım adım çözüm, her adımın nedeni, ⚠️ sık hata, «Sınavda yaz».
- **[EK]:** konu anlatımında geçmeyen, kitaptan tamamlayıcı bilgi.
- **GB:** her bölüm sonunda terimler + bir kalıp cümle.

💎 **ÖZ:** Kural tek: önce kutu, sonra çözüm. Çözümü okumadan bir şey yazmış ol.

📌 SORU HARİTASI — 44 SORU

- **B1 · Birimler:** S1–S4
- **B2 · Sera etkisi + bulut:** S5–S13
- **B3 · Aerosol:** S14–S25
- **B4 · Asit + Pinatubo + ENSO:** S26–S35
- **B5 · Ömür + kinetik [EK]:** S36–S40
- **B6 · Ozon kimyası:** S41–S44

Sınav olasılığı:

- ★★★ S5 · S10 · S14 · S22 · S26 · S27 · S30 · S34
- ★★ S1–S3 · S7 · S11 · S15 · S19 · S25 · S31 · S39
- ★ [EK] B5 · S41

💎 **ÖZ:** ★★★ sekizlisini iki kez çöz: sera, bulut, aerosol, asit, Pinatubo, ENSO.

BÖLÜM 1 · BİRİMLER: ppm · SAYI YOĞUNLUĞU · $\mu g/m^3$

📌 BU BÖLÜMDE

- Karışım oranı (ppm, ppb) ↔ sayı yoğunluğu (cm^{-3}) ↔ kütle derişimi ($\mu g/m^3$)
- Isınınca ne değişir, ne değişmez?
- Atmosferin kütlesi ve bir gazın toplam yükü
- Sorular: **S1–S4**

💎 **ÖZ:** Her hesap sorusu birim çevirisiyle başlar; bu bölüm 2–6. bölümlerin aracıdır.

📖 1.1 KONU ÖZÜ — ppm ve n

Ne?

- **Karışım oranı (χ):** bir gazın mol payı. ppm = milyonda bir, ppb = milyarda bir.
- **Sayı yoğunluğu (n):** 1 cm^3 havada kaç molekül var.
- **Kütle derişimi:** 1 m^3 havada kaç µg var (hava kalitesi sınırları).

Nerede? Her hesabın ilk adımı: verilen birimi istenene çevir.

Sınavda yaz:

- 1 ppm = 10^{-6} · 1 ppb = 10^{-9} (mol/mol)
- χ, T ve P ile **değişmez**; n ve µg/m^3 **değişir**.

💎 **ÖZ:** ppm bir oran (sabit kalır); n ve µg/m^3 bir miktar (P ve T'ye bağlı).

🧮 1.2 FORMÜL KARTI — n = P/kT

$$n = \frac{P}{kT} \qquad n_X = \chi_X \, n$$

Terimler — tek tek:

- P: basınç (Pa) · T: sıcaklık (K)
- k = 1,381×10^{-23} J/K · χ = ppm × 10^{-6}
- n: molekül/m^3 (10^6'ya böl → cm^{-3})

💎 **ÖZ:** Yüzeyde n(hava) ≈ 2,5×10^{19} cm^{-3}.

🧮 1.3 FORMÜL KARTI — µg/m³

$$C = \frac{\chi_{\text{ppb}} \times M}{24{,}45}$$

Terimler — tek tek:

- C: µg/m³ · χ: ppb · M: g/mol
- 24,45 L/mol: 25 °C, 1 atm
- 0 °C'de 22,41 L/mol

💎 **ÖZ:** ppb ↔ µg/m³, ppm ↔ mg/m³: aynı formül.

🎯 S1 · STRATOSFERDE O_3

tanım

Soru: 25 km: 25 hPa, 220 K, O_3 = 8 ppm. Yüzey: 1013 hPa, 288 K, O_3 = 40 ppb.

- (a) İki seviyede hava ve O_3 kaç molekül/cm^3?
- (b) ppm oranı 200 kat; molekül oranı kaç kat? Neden?

web'de çöz

$n = P/(kT) \rightarrow n(O_3) = \chi \cdot n$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Karışım oranı pay, sayı yoğunluğu adet: seyrek havada büyük pay az adet demek.

📋 Ne istiyor? — Soru 1

formül

Ne istiyor? 25 km'de ve yüzeyde havanın ve O_3'ün molekül/cm³ değeri; ppm oranı 200 kat iken molekül oranının kaç kat olduğu ve nedeni.

Soru tipi: Hesap · sayı yoğunluğu

diyagram

- *number density* → sayı yoğunluğu (molekül/cm³) · n = P/(kT), sonra ÷10⁶
- *mixing ratio (ppm, ppb)* → karışım oranı (mol payı) · n(O_3) = χ · n(hava)

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«25 hPa, 220 K»* → 25 km'deki basınç ve sıcaklık. → **P = 2500 Pa, 220 K**
- *«O_3 = 8 ppm»* → 25 km'de ozonun karışım oranı. → **$\chi = 8\times10^{-6}$**
- *«1013 hPa, 288 K»* → Yüzeydeki basınç ve sıcaklık. → **P = 101 300 Pa, 288 K**

- *«O_3 = 40 ppb»* → Yüzeyde ozonun karışım oranı. → **$\chi = 40\times10^{-9}$**
- *«kaç molekül/cm^3»* → Sonuç sayı yoğunluğu olarak, cm^{-3} biriminde istenir. → **istenen**
- *«molekül oranı kaç kat»* → İki seviyedeki O_3 adedinin oranı istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · sayı yoğunluğu

📋 Hangi formül? — Soru 1

Sayı yoğunluğu — Soru «kaç molekül/cm³?» diyor; adet sayısını P ve T'ye bağlayan ideal gaz kalıbı bu.

terimler

türetim

$$n = \frac{P}{kT} \qquad n_X = \chi_X \, n$$

n: molekül/m³ (÷10⁶ → cm⁻³) · P: basınç, Pa · T: sıcaklık, K · χ: karışım oranı (ppm × 10⁻⁶)

💎 **ÖZ:** Formül: Sayı yoğunluğu

📋 Adım adım — Soru 1 (1–2)

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

1. **birim** — hPa'yı Pa'ya çevir (× 100). → **2500 Pa · 101 300 Pa**
2. **n(hava)** — Her seviyede P'yi k·T'ye böl, 10^6'ya bölüp cm^{-3} yap. → **$8{,}2\times10^{17}$ · $2{,}55\times10^{19}$ cm^{-3}**

1. adım

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 1 (3–4)

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

3. **n(O_3)** — Karışım oranını o seviyenin n(hava) değeriyle çarp. → **$6{,}6\times10^{12}$ · $1{,}0\times10^{12}$ cm^{-3}**


3. adım

4. **kıyas** — İki O_3 sayısını oranla, ppm oranıyla (200) kıyasla. → **≈ 6,5 kat (200 değil)**


4. adım

⚠️ **Tuzak:** hPa'yı Pa'ya çevirmemek (100 kat) ya da m^{-3} sonucunu cm^{-3} sanmak (10^6 kat).

💎 **ÖZ:** Plan: birim → n(hava) → n(O_3) → kıyas

✓ Çözüm — Soru 1

sınav cevabı

1. **Birim:** 25 hPa = 2500 Pa · 1013 hPa = 101 300 Pa.
2. **Hava:** 25 km → 2500 / ($1{,}381\times10^{-23}$ × 220) = **$8{,}2\times10^{17}$ cm^{-3}** · yüzey → **$2{,}55\times10^{19}$ cm^{-3}**
3. **O_3:** 8×10^{-6} × $8{,}2\times10^{17}$ = **$6{,}6\times10^{12}$ cm^{-3}** · yüzey: 40×10^{-9} × $2{,}55\times10^{19}$ = **$1{,}0\times10^{12}$ cm^{-3}**
4. **Kıyas:** pay 200 kat, adet yalnız **≈ 6,5 kat** → 25 km'de hava ≈ 31 kat seyrek.

⚠️ **Sık hata:** hPa'yı Pa'ya çevirmemek (100 kat); m^{-3}'ü cm^{-3} sanmak (10^6 kat).

Sınavda yaz: "Karışım oranı bir orandır; sayı yoğunluğu P/T ile ölçeklenir."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Stratosferde O_3 ppm'i yüksek ama molekül sayısı yüzeyin yalnız birkaç katı.

🎯 S2 · µg/m³ ↔ ppb

tanım

Soru: 25 °C, 1 atm.

- (a) SO_2 = 120 µg/m³ → kaç ppb? (M = 64,07 g/mol)
- (b) CO için 8 saatlik sınır 9 ppm [EK] → kaç mg/m³? (M = 28,01)

web'de çöz

Yön seç, sonra C = χ · M / 24,45

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Hava kalitesi sınırı µg/m³, kimya hesabı ppb ister: iki yönlü çeviri şart.

📋 Ne istiyor? — Soru 2

formül

Ne istiyor? 25 °C, 1 atm'de 120 µg/m³ SO_2'nin kaç ppb ettiği ve 9 ppm CO sınırının kaç mg/m³ ettiği.

Soru tipi: Hesap · µg/m³ ↔ ppb çevirisi

diyagram

- *convert µg/m³ to ppb* → µg/m³'ü ppb'ye çevir · $\chi = C \times 24{,}45 / M$
- *8-hour standard (ppm)* → 8 saatlik sınır değer · ppm ↔ mg/m³: aynı formül

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«25 °C, 1 atm»* → Molar hacim 24,45 L/mol alınır. → **24,45 = 24,45 L/mol**
- *«SO_2 = 120 µg/m³»* → SO_2'nin kütle derişimi. → **C = 120 µg/m³**
- *«M = 64,07 g/mol»* → SO_2'nin molar kütlesi. → **M = 64,07 g/mol**
- *«sınır 9 ppm»* → CO'nun karışım oranı. → **χ = 9 ppm**

- *«M = 28,01»* → CO'nun molar kütlesi. → **M = 28,01 g/mol**
- *«kaç ppb»* → SO_2 karışım oranına çevrilecek. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · µg/m³ ↔ ppb çevirisi

📋 Hangi formül? — Soru 2

Kütle derişimi ↔ karışım oranı — Soru µg/m³ ile ppb arasında çeviri istiyor; 25 °C ve 1 atm'de köprü bu formül.

terimler

türetim

$$C = \frac{\chi_{\mathrm{ppb}} \times M}{24{,}45}$$

C: kütle derişimi, µg/m³ · χ: karışım oranı, ppb · M: mol kütlesi, g/mol · 24,45: V_m, L/mol (25 °C, 1 atm)

💎 **ÖZ:** Formül: Kütle derişimi ↔ karışım oranı

📋 Adım adım — Soru 2 (1–2)

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

1. **yön** — Formülü yaz; (a) için χ'yi yalnız bırak.
   → **χ = C × 24,45 / M**
2. **(a) SO_2** — 120'yi 24,45 ile çarp, 64,07'ye böl. → **45,8 ppb (≈ 0,046 ppm)**

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) CO** — 9 ppm'i 28,01 ile çarp, 24,45'e böl. → **10,3 mg/m³**
4. **24,45?** — Molar hacmi ideal gaz yasasından hesapla. → **V_m = 24,45 L/mol**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** 25 °C'de 22,41 kullanmak (%9 hata) ya da M'yi kg/mol yazmak.

💎 **ÖZ:** Plan: yön → (a) SO_2 → (b) CO → 24,45?

✓ Çözüm — Soru 2

sınav cevabı

1. **Formül:** C = χ · M / 24,45 · ters yön: χ = C × 24,45 / M.
2. **(a)** 120 × 24,45 / 64,07 = **45,8 ppb** (≈ 0,046 ppm).
3. **(b)** 9 × 28,01 / 24,45 = **10,3 mg/m³**.
4. **Neden 24,45?** V = RT/P = 8,314 × 298 / 101 325 = 0,02445 m^3 = 24,45 L.

⚠️ **Sık hata:** 25 °C'de 22,41 kullanmak (%9 hata); M'yi kg/mol yazmak.

Sınavda yaz: "25 °C ve 1 atm varsayıyorum: V_m = 24,45 L/mol."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Varsayımı (25 °C, 1 atm) kâğıda yaz — puanın bir kısmı oradan gelir.

🎯 S3 · ISINDI: ppm DEĞİŞİR Mİ?

tanım

Soru: CO_2 = 420 ppm, P = 1013 hPa.

- (a) 0 °C'de ve 25 °C'de CO_2 kaç mg/m³?
- (b) CO_2'nin kısmi basıncı kaç Pa?
- (c) Isınınca ne değişti, ne değişmedi? Neden?

web'de çöz

$mg/m^3 = ppm \times M / V_m \cdot p = \chi \cdot P$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Oran ile miktarı ayır: bu ayrım her sınavda bir kılıkta gelir.

📋 Ne istiyor? — Soru 3

formül

Ne istiyor? 420 ppm CO_2'nin 0 °C ve 25 °C'de kaç mg/m³ olduğu, kısmi basıncı ve ısınınca neyin değişip neyin değişmediği.

Soru tipi: Hesap + yorum · sıcaklık ve birim

diyagram

- *partial pressure* → kısmi basınç · Dalton: p = χ · P
- *does the mixing ratio change?* → karışım oranı değişir mi? · hayır; µg/m³ ve n değişir

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«CO_2 = 420 ppm»* → CO_2 karışım oranı. → **$\chi = 420\times10^{-6}$**
- *«P = 1013 hPa»* → Toplam basınç. → **P = 101 300 Pa**
- *«0 °C'de ve 25 °C'de»* → İki sıcaklık için molar hacim 22,41 ve 24,45 L/mol. → **V_m = 22,41 / 24,45 L/mol**

- *«kaç mg/m³»* → Kütle derişimi istenir. → **istenen**
- *«kısmi basıncı kaç Pa»* → Dalton yasasıyla kısmi basınç istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap + yorum · sıcaklık ve birim

📋 Hangi formül? — Soru 3 (1/2)

Kütle derişimi (ppm → mg/m³) — (a) aynı ppm'i iki sıcaklıkta mg/m³ olarak istiyor; değişen tek şey V_m.

terimler

türetim

$$C = \frac{\chi_{\text{ppm}} \times M}{V_m}$$

C: kütle derişimi, mg/m³ · χ: karışım oranı, ppm · M: 44,01 g/mol · V_m: 22,41 (0 °C) · 24,45 (25 °C) L/mol

---

💎 **ÖZ:** Kütle derişimi (ppm → mg/m³)

📋 Hangi formül? — Soru 3 (2/2)

Dalton: kısmi basınç — (b) «kısmi basınç» diyor; mol payı × toplam basınç.

$$p_X = \chi_X P$$

p: kısmi basınç, Pa · χ: 420×10⁻⁶ · P: toplam basınç, 101 300 Pa

---

💎 **ÖZ:** Dalton: kısmi basınç

📋 Adım adım — Soru 3 (1–2)

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

1. **(a) mg/m³** — 420 × 44,01'i önce 22,41'e, sonra 24,45'e böl. → **825 · 756 mg/m³**
2. **neden az?** — İki sonucu oranla, sıcaklık oranıyla kıyasla. → **hava genleşti**

1. adım

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 3 (3–4)

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

3. **(b) p** — Karışım oranını toplam basınçla çarp. → **p = 42,5 Pa**

3. adım

4. **(c) yorum** — Değişeni ve değişmeyeni ayır. → **ppm sabit · mg/m³ ve n ↓**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** «ppm sıcaklıkla değişir» demek; ısınınca değişen mg/m³ ve n'dir.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) mg/m³ → neden az? → (b) p → (c) yorum

✓ Çözüm — Soru 3

sınav cevabı

1. **(a)** 0 °C: 420 × 44,01 / 22,41 = **825 mg/m³** · 25 °C: 420 × 44,01 / 24,45 = **756 mg/m³**
2. **Neden azaldı?** 756/825 = 0,916 = 273/298 → hava genleşti, 1 m^3'e daha az molekül sığdı.
3. **(b)** Dalton: p = χ · P = 420×10^{-6} × 101 300 = **42,5 Pa**.
4. **(c)** ppm **sabit** · mg/m^3 ve n **azaldı**.

⚠️ **Sık hata:** "ppm sıcaklıkla değişir" demek. Onu yalnız emisyon, kimya, taşınım, birikme değiştirir.

Sınavda yaz: χ = p(X)/P = n(X)/n.

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Isınma ppm'i değiştirmez, µg/m^3'ü değiştirir.

🎯 S4 · ATMOSFERDE CH_4 YÜKÜ

tanım web'de çöz

Soru: P_0 = 101 325 Pa, Dünya yarıçapı 6371 km, g = 9,81 m/s².

- (a) Atmosferin kütlesi?
- (b) Kaç mol hava? (M = 28,96 g/mol)
- (c) CH_4 = 1,92 ppm → kaç Tg CH_4? (1 Tg = 10^9 kg)

$m = P_0 \cdot 4\pi R^2 / g \rightarrow mol \rightarrow CH_4$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Yük (burden) = atmosferdeki toplam miktar; ömür hesabının ilk girdisi.

📋 Ne istiyor? — Soru 4

formül

Ne istiyor? Yüzey basıncından atmosferin kütlesi, kaç mol hava olduğu ve 1,92 ppm CH_4'ün toplam kaç Tg ettiği.

Soru tipi: Hesap · atmosfer kütlesi ve CH_4 yükü

animasyon

- *atmospheric burden* → atmosferdeki toplam yük · yük = χ × mol hava × M
- *mass of the atmosphere* → atmosferin kütlesi · m = $P_0 \cdot 4\pi R^2 / g$

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«P_0 = 101 325 Pa»* → Yüzey basıncı = sütun ağırlığı / alan. → **P_0 = 101 325 Pa**
- *«Dünya yarıçapı 6371 km»* → Alan $4\pi R^2$ için yarıçap. → **R = 6,371×10⁶ m**
- *«g = 9,81 m/s²»* → Yerçekimi ivmesi. → **g = 9,81 m/s²**

- *«M = 28,96 g/mol»* → Havanın molar kütlesi; mol sayısı için. → **koşul = 28,96 g/mol**
- *«CH_4 = 1,92 ppm»* → Metanın karışım oranı. → **koşul = $1{,}92\times10^{-6}$**
- *«Atmosferin kütlesi?»* → Toplam hava kütlesi istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · atmosfer kütlesi ve CH_4 yükü

📋 Hangi formül? — Soru 4

Atmosferin kütlesi — Soru «atmosferin kütlesi?» diyor; basınç = ağırlık / alan tanımı kütleyi verir.

terimler

türetim

$$m = \frac{P_0 \cdot 4\pi R^2}{g}$$

m: atmosferin kütlesi, kg · P_0: yüzey basıncı, Pa · R: Dünya yarıçapı, m · g: 9,81 m/s²

💎 **ÖZ:** Formül: Atmosferin kütlesi

📋 Adım adım — Soru 4 (1–2)

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

1. **fikir** — Yüzey basıncını sütun ağırlığı / alan diye yaz. → **$m = P_0 \cdot A / g$**
2. **(a) kütle** — Yüzey alanını bul, P_0 ile çarp, g'ye böl. → **$5{,}27 \times 10^{18}$ kg**

1. adım

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 4 (3–4)

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

3. **(b) mol** — Kütleyi havanın mol kütlesine (kg/mol) böl. → **$1{,}82\times10^{20}$ mol**
4. **(c) CH_4** — Mol havayı χ ile çarp, sonra 16,04 g/mol ile kütleye geç. → **≈ 5600 Tg CH_4**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** g/mol'ü kg ile çarpmak (1000 kat) ya da ppm'i 10^{-3} almak.

💎 **ÖZ:** Plan: fikir → (a) kütle → (b) mol → (c) CH_4

✓ Çözüm — Soru 4

sınav cevabı

1. **Fikir:** yüzey basıncı = sütunun ağırlığı / alan → m = $P_0 \cdot A / g$.
2. **(a)** $A = 4\pi(6{,}371\times10^{6})^2 = 5{,}10\times10^{14}$ m² → **$5{,}27\times10^{18}$ kg** (gerçek ≈ $5{,}1\times10^{18}$).
3. **(b)** $5{,}27\times10^{18} / 0{,}02896$ = **$1{,}82\times10^{20}$ mol**.
4. **(c)** $1{,}92\times10^{-6} \times 1{,}82\times10^{20} = 3{,}5\times10^{14}$ mol × 16,04 g = $5{,}6\times10^{12}$ kg = **≈ 5600 Tg** → S36'da ömür girdisi.

⚠️ **Sık hata:** g/mol'ü kg ile çarpmak (1000 kat); ppm'i 10^{-3} almak.

Sınavda yaz: "Karışım oranı mol oranıdır; kütleye türün kendi M'siyle geçilir."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Atmosfer ≈ 5×10^{18} kg ≈ $1{,}8\times10^{20}$ mol; CH_4 yükü ≈ 5600 Tg.

📌 GB B1 TERİMLERİ (1/2)

- **mixing ratio** (n) karışım oranı — *CO_2 mixing ratio is 420 ppm.*
- **mole fraction** (n) mol kesri — *It equals the mole fraction.*
- **number density** (n) sayı yoğunluğu — *It drops with altitude.*
- **mass concentration** (n) kütle derişimi — *PM limits use µg/m³.*
- **partial pressure** (n) kısmi basınç — *CO_2 partial pressure is 42 Pa.*
- **molar mass** (n) mol kütlesi — *Air's molar mass is 28.96 g/mol.*

💎 **ÖZ:** mixing ratio = oran · number density = adet · mass concentration = kütle.

📌 GB B1 TERİMLERİ (2/2)

- **burden** (n) toplam yük — *The methane burden is about 5600 Tg.*
- **convert** (v) çevirmek — *Convert hPa to Pa first.*
- **well-mixed** (adj) iyi karışmış — *CO_2 is a well-mixed gas.*

Kalıp cümle:

Önce basıncı paskala çevirirız, sonra ideal gaz yasasını uygularız.

We first **convert** the pressure to pascals, then **apply** the ideal gas law.

💎 **ÖZ:** "We first ..., then ..." — her hesap cevabını bu iki adımla anlat.

BÖLÜM 2 · SERA ETKİSİ ve BULUTLAR

📌 BU BÖLÜMDE

- Sera etkisinin moleküler nedeni: dipol değişimi
- Işınım dengesi: 255 K → 288 K · tek katman [EK]
- Zorlama ve geri besleme: ΔF, λ, su buharı, Venüs
- Bulutlar: ayna + battaniye, LCL
- Sorular: **S5–S13**

💎 **ÖZ:** Sera gazı IR'yi tutup geri yayar; bulut hem ayna hem battaniyedir.

📖 2.1 KONU ÖZÜ — SERA ETKİSİ

Ne? Bazı gazlar yüzeyin yaydığı kızılötesini (IR, ~10 µm) soğurur, her yöne yeniden yayar → bir kısmı yere döner → yüzey ısınır.

Nerede? Troposfer · H_2O, CO_2, CH_4, N_2O, O_3, CFC.

Sınavda yaz:

- Şart: titreşimde **dipol momenti değişmeli**.
- N_2, O_2, Ar → IR aktif değil.
- Doğal sera etkisi: 255 K → 288 K (+33 K), yaşam için şart.
- İnsan kaynaklı artış → artırılmış sera etkisi → küresel ısınma.

💎 **ÖZ:** Güneş kısa, Dünya uzun dalga yayar; sera gazı yalnız uzun dalgayı tutar.

🧮 2.2 FORMÜL KARTI — 255 K [EK]

$$T_e = \left[\frac{S_0 \, (1 - A)}{4 \, \sigma} \right]^{1/4}$$

Terimler — tek tek:

- S_0 = 1361 W/m² · A: albedo (0,30)
- σ = 5,67×10⁻⁸ W m⁻² K⁻⁴ · 4: küre/disk
- T_e: uzaydan görünen sıcaklık (255 K)

💎 **ÖZ:** Gelen = giden → T_e = 255 K; yüzey 288 K; fark sera etkisi.

🧮 2.3 FORMÜL KARTI — ZORLAMA

$$\Delta F = 5{,}35 \ln \frac{C}{C_0} \qquad \Delta T = \lambda \Delta F$$

Terimler — tek tek:

- C: CO_2 (ppm) · C_0 = 280 ppm (sanayi öncesi)
- ln: doğal logaritma ($\log_{10}$ değil!)
- ΔF: W/m² · λ ≈ 0,8 K/(W m^{-2})

💎 **ÖZ:** CO_2 iki katı → ΔF ≈ 3,7 W/m² → ΔT ≈ 3 K.

🎯 S5 · KİM IR AKTİF?

tanım

Soru: N_2, O_2, Ar, CO_2, H_2O, CH_4, N_2O, O_3, CO → "IR aktif / değil" diye ayır. CO_2'nin üç titreşiminden hangileri aktif?

web'de çöz

Ölçüt: titreşimde dipol değişiyor mu?

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Sera gazı olmak için molekül titreşirken yük dengesini bozabilmeli.

📋 Ne istiyor? — Soru 5

formül

Ne istiyor? Dokuz gazı IR aktif / değil diye ayırmak ve CO_2'nin üç titreşiminden hangilerinin IR aktif olduğu.

Soru tipi: Sınıflama · IR aktiflik

animasyon

- *infrared-active* → kızılötesinde aktif · titreşimde dipol değişiyor mu?
- *vibrational mode* → titreşim kipi · simetrik / asimetrik / bükülme

---

💎 **ÖZ:** Sınıflama · IR aktiflik

📋 Verilenler — Soru 5

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«"IR aktif / değil" diye ayır»* → Her gazın IR soğurup soğurmadığı istenir. → **istenen**
- *«N_2, O_2, Ar»* → İki aynı atomlu ve tek atomlu gazlar; dipol yok. → **koşul**
- *«CO_2'nin üç titreşiminden»* → Simetrik, asimetrik gerilme ve bükülme ayrı değerlendirilir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 5

Kullanılacak bilgi: IR fotonu, titreşim sırasında dipol momenti değişirse soğurulur. Kalıcı dipol şart değil; şart dipolün değişmesi.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: IR fotonu, titreşim sırasında dipol momenti değişirse soğuru

📋 Adım adım — Soru 5 (1–2)

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

1. **ölçüt** — Ölçütü yaz: titreşim dipolü salındırıyor mu? → **şart = dipol değişimi**
2. **değil** — İki aynı atomlu molekülleri ve tek atomu ayır. → **N_2, O_2, Ar** → **aktif değil**

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. **aktif** — Kalan gazları say; CO'yu da unutma. → **6 gaz IR aktif**
4. **CO_2** — CO_2'nin üç titreşimini tek tek incele. → **2 kip aktif, 1 kip değil**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** «CO_2'nin kalıcı dipolü yok → IR soğurmaz» demek; şart dipolün değişmesi.

💎 **ÖZ:** Plan: ölçüt → değil → aktif → CO_2

✓ Çözüm — Soru 5

sınav cevabı

1. **Ölçüt:** IR fotonu ancak titreşim **dipolü salındırırsa** soğurulur.
2. **Değil:** N_2, O_2 (iki aynı atom → dipol hep 0) · Ar (tek atom, titreşim yok).
3. **Aktif:** H_2O (bükük) · CO_2 · CH_4 · N_2O · O_3 (bükük) · CO (iki **farklı** atom; az olduğu için doğrudan etkisi küçük) [EK].
4. **CO_2:** simetrik gerilme ✗ · asimetrik gerilme ✓ (4,3 µm) · bükülme ✓ (15 µm).

⚠️ **Sık hata:** "CO_2'nin kalıcı dipolü yok → IR soğurmaz." Şart **değişim**, kalıcılık değil.

Sınavda yaz: "IR aktiflik = titreşim sırasında dipol momentinin değişmesi."

adım adım

💎 **ÖZ:** N_2, O_2, Ar dışında hepsi aktif; CO_2'de simetrik gerilme dışında.

🎯 S6 · ATMOSFER NE TUTUYOR?

tanım

Soru: Yüzey 288 K'de siyah cisim gibi yayıyor. Soğurulan güneş: $S_0(1–A)/4$ (S_0 = 1361 W/m², A = 0,30).

- (a) Yüzeyin yaydığı IR akısı?
- (b) Uzaya giden akı ve aradaki fark G?
- (c) G, yüzey ışımasının yüzde kaçı?

web'de çöz

$F = \sigma T^4$ · $G = \sigma T_s^4 - S_0(1–A)/4$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Sera etkisinin W/m² ölçüsü: yüzeyin yaydığı – uzaya giden.

📋 Ne istiyor? — Soru 6

formül

Ne istiyor? 288 K yüzeyin yaydığı IR, uzaya giden akı, aradaki fark G ve G'nin yüzey ışımasının yüzde kaçı olduğu.

Soru tipi: Hesap · sera etkisinin W/m² ölçüsü

diyagram

- *blackbody emission* → siyah cisim ışıması · $F = \sigma T^4$, T kelvin
- *outgoing longwave radiation* → uzaya giden uzun dalga ışınım · dengede = $S_0(1–A)/4$

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Yüzey 288 K'de siyah cisim»* → Yüzey σT^4 ile yayar. → **T = 288 K**
- *«S_0 = 1361 W/m²»* → Güneş sabiti. → **S_0 = 1361 W/m²**
- *«A = 0,30»* → Gezegen albedosu. → **A = 0,30**
- *«$S_0(1–A)/4$»* → Dengede uzaya giden akı soğurulana eşit. → **4 = ÷4**

- *«aradaki fark G»* → Sera etkisi akısı istenir. → **G**

💎 **ÖZ:** Hesap · sera etkisinin W/m² ölçüsü

📋 Hangi formül? — Soru 6 (1/2)

Stefan–Boltzmann — (a) «yüzeyin yaydığı IR akısı» diyor; siyah cismin akısı σT⁴.

terimler

türetim

$$F = \sigma T^4$$

F: akı, W/m² · σ: 5,67×10⁻⁸ W m⁻² K⁻⁴ · T: sıcaklık, K

💎 **ÖZ:** Stefan–Boltzmann

📋 Hangi formül? — Soru 6 (2/2)

Sera etkisi G — (b) «aradaki fark» diyor; yüzeyin yaydığından uzaya gideni çıkar.

$$G = \sigma T_s^4 - \frac{S_0(1-A)}{4}$$

G: atmosferde tutulan akı, W/m² · S_0: 1361 W/m² · A: albedo, 0,30 · 4: küre alanı / disk alanı

💎 **ÖZ:** Sera etkisi G

📋 Adım adım — Soru 6 (1–3)

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

1. **(a) σT^4** — 288'in 4. kuvvetini σ ile çarp. → **390 W/m²**


1. adım

2. **(b) giden** — Dengede uzaya giden = soğurulan güneş; $S_0(1–A)/4$ hesapla. → **238 W/m²**


2. adım

3. **G** — Yüzeyin yaydığından uzaya gideni çıkar. → **G = 152 W/m²**


3. adım

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

📋 Adım adım — Soru 6 (4–5)

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

4. **(c) oran** — G'yi yüzey ışımasına böl. → **%39 uzaya ulaşmıyor**
5. **neden /4** — Güneşi yakalayan disk ile yayan küre alanını kıyasla. → **alan oranı 1/4**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** T'yi °C almak (15^4!) ya da $S_0(1–A)$'yı 4'e bölmeyi unutmak.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) σT^4 → (b) giden → G → (c) oran → neden /4

✓ Çözüm — Soru 6

sınav cevabı

1. **(a)** $\sigma T^4 = 5{,}67\times10^{-8} \times 288^4 =$ **390 W/m²**.
2. **(b)** Denge: uzaya giden = soğurulan = 1361 × 0,70 / 4 = **238 W/m²**.
3. G = 390 − 238 = **152 W/m²** → atmosferin tutup geri yolladığı.
4. **(c)** 152 / 390 = **0,39** → yüzey ışımasının ~%39'u uzaya ulaşmıyor.
5. **Neden /4?** Güneşi disk (πR^2) yakalar, Dünya küre ($4\pi R^2$) olarak yayar.

⚠️ **Sık hata:** T'yi °C almak (15^4!); /4'ü unutmak.

Sınavda yaz: "Sera etkisi ≈ 390 − 240 ≈ 150 W/m²."

adım adım

💎 **ÖZ:** Yüzey 390 W/m² yayar, uzaya 238 gider: ~150 W/m² atmosferde kalır.

🎯 S7 · TEK KATMAN [EK]

tanım

Soru: Atmosfer IR'nin f kesrini soğuran tek katman: $T_s = T_e \sqrt[4]{(2/(2-f))}$, $T_e = 255$ K.

- (a) f = 1 (tam siyah) → T_s?
- (b) Gerçek $T_s = 288$ K için f?
- (c) Sera gazı artınca f ve T_s?

web'de çöz

$$(T_s/T_e)^4 = 2/(2-f)$$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Atmosfer IR'de ne kadar "siyahsa" yüzey o kadar sıcak.

📋 Ne istiyor? — Soru 7

formül

Ne istiyor? Tek katman modelde f = 1 iken yüzey sıcaklığı, T_s = 288 K için f değeri ve sera gazı artınca f ile T_s'nin yönü.

Soru tipi: Hesap · tek katman sera modeli

animasyon

- *single-layer model* → tek katman modeli · $T_s = T_e \sqrt[4]{(2/(2-f))}$
- *longwave absorptivity* → uzun dalga soğurma kesri · f: 0 saydam … 1 tam siyah

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«T_e = 255 K»* → Etkin (ışınım) sıcaklık. → **T_e = 255 K**
- *«f = 1 (tam siyah)»* → Katman tüm IR'yi soğurur. → **f = 1**
- *«Gerçek T_s = 288 K»* → Ters çözümde bilinen yüzey sıcaklığı. → **T_s = 288 K**

- *«Sera gazı artınca f ve T_s?»* → Yön yorumu istenir.
  → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · tek katman sera modeli

📋 Hangi formül? — Soru 7

Tek katman sera modeli — Soru atmosferi IR'nin f kesrini soğuran tek katman sayıyor; bu modelin sonucu.

terimler

türetim

$$T_s = T_e \left(\frac{2}{2 - f} \right)^{1/4}$$

T_s: yüzey sıcaklığı, K · T_e: etkin sıcaklık, 255 K · f: katmanın soğurduğu IR kesri

---

💎 **ÖZ:** Formül: Tek katman sera modeli

📋 Adım adım — Soru 7 (1–2)

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

1. **(a) f = 1** — f = 1 koy: $\sqrt[4]{2}$ ile 255'i çarp. → **T_s = 303 K**


1. adım

2. **(b) oran⁴** — Sıcaklık oranının 4. kuvvetini al. → **$(T_s/T_e)^4$ = 1,627**


2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 7 (3–4)

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

3. **(b) f** — 2 − f = 2 / 1,627 eşitliğini çöz. → **f ≈ 0,77**


3. adım

4. **(c) yön** — f'nin artışını T_s'ye taşı. → **f ↑ → T_s ↑**


4. adım

⚠️ **Tuzak:** Oranın 4. kuvvetini almayı unutmak; 288/255 doğrudan 2/(2−f)'ye eşitlenmez.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) f = 1 → (b) oran^4 → (b) f → (c) yön

✓ Çözüm — Soru 7

sınav cevabı

$$T_s = T_e \left(\frac{2}{2 - f} \right)^{1/4}$$

1. **(a)** f = 1 → $T_s = \sqrt[4]{2} \times 255 = 1{,}19 \times 255 =$ **303 K** → gerçekten sıcak; atmosfer tam siyah değil.
2. **(b)** $(288/255)^4 = 1{,}627$ → 2 – f = 2 / 1,627 = 1,229 → **f ≈ 0,77**.
3. **(c)** Sera gazı ↑ → f ↑ → T_s ↑. Yüksek bulut da "ikinci katman" gibi aynı yönde (slayt 11).

⚠️ **Sık hata:** oranın 4. kuvvetini almayı unutmak.

Sınavda yaz: "Atmosfer IR'nin ~%77'sini soğuruyor gibi davranır."

adım adım

💎 **ÖZ:** f = 1 → 303 K · f = 0,77 → 288 K · f ↑ → ısınma.

🎯 S8 · VENÜS NEDEN 700 K?

tanım

Soru: Venüs'e gelen güneş ≈ 2600 W/m², albedo ≈ 0,70, yüzey ≈ 700 K (slayt 9).

- (a) Venüs'ün T_e'si?
- (b) Sera etkisi Venüs'te kaç K, Dünya'da kaç K?
- (c) Neden bu kadar büyük?

web'de çöz

$$T_e = \sqrt[4]{[S(1-A)/(4\sigma)]}$$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Etkin sıcaklığı albedo, yüzey sıcaklığını sera etkisi belirler.

📋 Ne istiyor? — Soru 8

formül

Ne istiyor? Venüs'ün etkin sıcaklığı, Venüs ve Dünya'daki sera etkisinin kaç K olduğu ve Venüs'te neden bu kadar büyük olduğu.

Soru tipi: Hesap + yorum · Venüs sera etkisi

diyagram

- *effective temperature* → etkin sıcaklık · $T_e = \sqrt[4]{[S(1-A)/(4\sigma)]}$
- *runaway greenhouse* → durdurulamayan sera etkisi · pozitif geri besleme: su buharı

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«güneş ≈ 2600 W/m²»* → Venüs'e gelen güneş akısı. → **S = 2600 W/m²**
- *«albedo ≈ 0,70»* → Işığın %70'i geri yansır. → **A = 0,70**
- *«yüzey ≈ 700 K»* → Gerçek yüzey sıcaklığı; farkı bulmak için. → **koşul = 700 K**

- *«Venüs'ün T_e'si?»* → Etkin sıcaklık istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap + yorum · Venüs sera etkisi

📋 Hangi formül? — Soru 8

Etkin sıcaklık — (a) «Venüs'ün T_e'si» diyor; gelen = giden dengesinden çıkan sıcaklık.

terimler

türetim

$$T_e = \left[\frac{S\,(1 - A)}{4\,\sigma} \right]^{1/4}$$

T_e: uzaydan görünen sıcaklık, K · S: gelen güneş akısı, W/m² · A: albedo · σ: 5,67×10⁻⁸ W m⁻² K⁻⁴

💎 **ÖZ:** Formül: Etkin sıcaklık

📋 Adım adım — Soru 8

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

1. **(a) T_e** — 2600 × 0,30'u 4σ'ya böl, 4. kökünü al. → **T_e = 242 K**
2. **(b) fark** — İki gezegende yüzey – etkin sıcaklığı hesapla. → **458 K · 33 K**
3. **(c) neden** — Geri besleme zincirini oklarla kur. → **durmayan pozitif geri besleme**

1. adım

2. adım

3. adım

⚠️ **Tuzak:** «Güneşe yakın → T_e yüksek» deyip albedoyu unutmak; A = 0,70 T_e'yi düşürür.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) T_e → (b) fark → (c) neden

✓ Çözüm — Soru 8

sınav cevabı

1. **(a)** $T_e = \sqrt[4]{[2600 \times 0{,}30 / (4 \times 5{,}67\times10^{-8})]} = \sqrt[4]{(3{,}44\times10^{9})} =$ **242 K** → Dünya'dan (255 K) bile düşük: bulutlar ışığın %70'ini geri yollar.
2. **(b)** Venüs: 700 − 242 ≈ **458 K** · Dünya: 288 − 255 = **33 K**.
3. **(c)** Isınma → buharlaşma ↑ → su buharı ↑ → daha çok ısınma; Venüs'te su yüzeye dönemedi. Dünya'da bulut + yağış suyu geri getirir.

⚠️ **Sık hata:** "Güneşe yakın → T_e yüksek" deyip albedoyu unutmak.

Sınavda yaz: "Venüs = durdurulamayan pozitif geri besleme örneği."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Venüs T_e 242 K, yüzey 700 K: fark tamamen sera etkisi.

🎯 S9 · CO_2 İKİ KATI

tanım

Soru: CO_2 280 → 560 ppm.

- (a) ΔF ve ΔT (λ = 0,8)?
- (b) Geri beslemesiz $\lambda_0 = 1/(4\sigma T_e^3)$ [EK] ile ΔT_0? (T_e = 255 K)
- (c) Aradaki fark nereden geliyor?

web'de çöz

$$\Delta F = 5{,}35 \ln(C/C_0) \cdot \Delta T = \lambda \Delta F$$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** λ'nın içinde geri beslemeler saklı; en büyüğü su buharı.

📋 Ne istiyor? — Soru 9

formül

Ne istiyor? CO_2 iki katına çıkınca ΔF ve ΔT, geri beslemesiz ΔT_0 ve ikisi arasındaki farkın nereden geldiği.

Soru tipi: Hesap · zorlama ve iklim duyarlılığı

diyagram

- *radiative forcing for doubled CO_2* → CO_2 iki katının zorlaması · $\Delta F = 5{,}35 \ln 2$
- *climate sensitivity parameter* → iklim duyarlılık katsayısı · $\Delta T = \lambda \Delta F$

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«CO_2 280 → 560 ppm»* → Derişim iki katına çıkıyor. → **$C/C_0 = 2$**
- *«$\lambda = 0{,}8$»* → İklim duyarlılığı. → **$\lambda = 0{,}8$ K/(W/m²)**
- *«$\lambda_0 = 1/(4\sigma T_e^3)$»* → Geri beslemesiz duyarlılık. → **λ_0**
- *«$T_e = 255$ K»* → Etkin sıcaklık. → **$T_e = 255$ K**

- «ΔF *ve* ΔT» → Zorlama ve ısınma istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · zorlama ve iklim duyarlılığı

📋 Hangi formül? — Soru 9 (1/2)

Işınımsal zorlama — Soru CO_2 artınca ısınmayı soruyor; önce zorlama, sonra λ ile sıcaklık.

terimler

türetim

$$\Delta F = 5{,}35 \ln \frac{C}{C_0} \qquad \Delta T = \lambda \Delta F$$

ΔF: zorlama, W/m² · C/C₀: CO_2 oranı (C_0 = 280 ppm) · ln: doğal logaritma ($\log_{10}$ değil) · λ: duyarlılık, K/(W m^{-2})

💎 **ÖZ:** Işınımsal zorlama

📋 Hangi formül? — Soru 9 (2/2)

Geri beslemesiz duyarlılık — (b) geri beslemesiz durumu soruyor; yalnız σT^4 ışımasının sıcaklığa tepkisi.

$$\lambda_0 = \frac{1}{4\sigma T_e^3}$$

λ_0: geri beslemesiz duyarlılık · T_e: etkin sıcaklık, 255 K · σ: $5{,}67\times10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4}

💎 **ÖZ:** Geri beslemesiz duyarlılık

📋 Adım adım — Soru 9 (1–2)

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

1. **(a) ΔF** — C/C₀ = 2 koy, doğal logaritma al. → **ΔF = 3,71 W/m²**
2. **(a) ΔT** — ΔF'yi λ = 0,8 ile çarp. → **ΔT ≈ 3 K**

1. adım

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 9 (3–4)

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

3. **(b) λ_0** — σT^4'ün türevini al, tersini λ_0 yap, ΔF ile çarp. → **$\lambda_0 = 0{,}27 \cdot \Delta T_0 \approx 1{,}0$ K**

3. adım

4. **(c) fark** — İki ΔT'yi oranla, geri beslemeleri say. → **3 kat = geri beslemeler**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** ln yerine $\log_{10}$ almak (1,61 W/m² çıkar) ya da 560 – 280 farkını kullanmak.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) ΔF → (a) ΔT → (b) λ_0 → (c) fark

✓ Çözüm — Soru 9

sınav cevabı

1. **(a)** $\Delta F = 5{,}35 \times \ln 2 = 5{,}35 \times 0{,}693 = \mathbf{3{,}71\ W/m^2}$ $\rightarrow \Delta T = 0{,}8 \times 3{,}71 = \mathbf{2{,}97\ K \approx 3\ K}$.
2. **(b)** $F = \sigma T^4$'ün türevi $dF/dT = 4\sigma T^3 \rightarrow \lambda_0 = 1/(4 \times 5{,}67\times10^{-8} \times 255^3) = \mathbf{0{,}27} \rightarrow \Delta T_0 \approx \mathbf{1{,}0\ K}$.
3. **(c)** 3 K / 1 K = **3 kat**: ısınma → su buharı ↑ (+) · kar/buz ↓ → albedo ↓ (+) · bulut (±).

⚠️ **Sık hata:** ln yerine $\log_{10}$ (1,61 W/m² çıkar); 560 – 280 farkını kullanmak.

Sınavda yaz: "Su buharı zorlama değil geri beslemedir: CO_2'nin başlattığını büyütür."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** $2\times CO_2 \rightarrow 3{,}7$ W/m² → geri beslemesiz 1 K, geri beslemeli 3 K.

📖 2.4 KONU ÖZÜ — BULUTLAR

Ne? Bulut hem **ayna** (güneşi yansıtır → soğutur) hem **battaniye** (IR'yi tutar → ısıtır).

Nerede? Alçak < 2 km (stratus) · yüksek > 5–7 km (sirrus).

Sınavda yaz:

- Net etki **tepe sıcaklığına** bağlı: soğuk tepe çok tutar.
- **Yüksek ince bulut ısıtır · alçak kalın bulut soğutur.**
- Bulut örtüsü = iklimin **en büyük belirsizliği**.
- Sıcak bulut: yalnız sıvı · karışık fazlı: sıvı + buz.

💎 **ÖZ:** Gelişte ayna, gidişte battaniye; hangisinin kazanacağını yükseklik belirler.

🧮 2.5 FORMÜL KARTI — LCL

$$z_{\mathrm{LCL}} \approx 125\,(T - T_d)$$

Terimler — tek tek:

- z(LCL): yükselme yoğuşma seviyesi = bulut tabanı (m)
- T: sıcaklık · Td: çiğ noktası (fark °C ya da K)
- 125 m/K = 1000 / (9,8 – 1,8) [EK]

💎 **ÖZ:** Paket 9,8 K/km soğur, çiğ noktası 1,8 K/km düşer; buluştukları yer taban.

🎯 S10 · SİRRUS mu STRATUS mu?

tanım web'de çöz

Soru [EK]: yüzey 390 W/m² yayar · güneş 340 W/m² · yüzey A = 0,10.

- Sirrus: tepe 220 K, A = 0,2 · Stratus: 280 K, A = 0,6
- IR tutma = 390 − σT⁴ · yansıtma = 340 (A − 0,1)

net = IR tutma − ek yansıtma

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Soğuk tepe az ışır → çok tutar; parlak bulut çok yansıtır → soğutur.

📋 Ne istiyor? — Soru 10

formül

Ne istiyor? Sirrusun ve stratusun tuttuğu IR ile ek yansıttığı güneşi hesaplayıp hangisinin net ısıttığı, hangisinin soğuttuğu.

Soru tipi: Hesap · bulutun net ışınım etkisi

diyagram

- *cloud radiative effect* → bulutun ışınım etkisi · net = IR tutma − ek yansıtma
- *cloud-top temperature* → bulut tepesi sıcaklığı · soğuk tepe → az ışır → çok tutar

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«yüzey 390 W/m² yayar»* → Yüzey IR yayımı. → **koşul = 390 W/m²**
- *«güneş 340 W/m²»* → Gelen güneş. → **340 = 340 W/m²**
- *«yüzey A = 0,10»* → Bulutsuz albedo; çıkarılacak taban. → **0,1 = 0,10**

- *«Sirrus: tepe 220 K, A = 0,2»* → Soğuk tepe, düşük albedo. → **T(tepe) = 220 K; A = 0,2**
- *«Stratus: 280 K, A = 0,6»* → Ilık tepe, yüksek albedo. → **T(tepe) = 280 K; A = 0,6**

💎 **ÖZ:** Hesap · bulutun net ışınım etkisi

📋 Hangi formül? — Soru 10

Bulutun net etkisi (kaba model) — Soru bulutun ısıtıp ısıtmadığını soruyor; IR kazancı ile güneş kaybı karşılaştırılır.

terimler

türetim

$$\Delta F_{\text{net}} = (390 - \sigma T_{\text{tepe}}^{4}) - 340\,(A - 0{,}1)$$

T(tepe): bulut tepesi sıcaklığı, K · A: bulutun albedosu · 0,1: yüzey albedosu · 340: ortalama gelen güneş, W/m²

💎 **ÖZ:** Formül: Bulutun net etkisi (kaba model)

📋 Adım adım — Soru 10 (1–2)

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

1. **IR tutma** — Her bulut tepesi için σT^4 hesapla, 390'dan çıkar. → **sirrus 257 · stratus 41 W/m²**

1. adım

2. **yansıtma** — Bulut ile yüzey albedosu farkını 340 ile çarp. → **34 · 170 W/m²**

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. **net** — IR tutmadan ek yansıtmayı çıkar, işarete bak. → **sirrus +223 · stratus −129**
4. **neden** — Farkı bulut yüksekliğine bağla. → **ölçüt: tepe sıcaklığı**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** «Bulut her zaman soğutur» diye genellemek; yüksek ince bulut net ısıtır.

💎 **ÖZ:** Plan: IR tutma → yansıtma → net → neden

✓ Çözüm — Soru 10

sınav cevabı

1. **IR:** σ × 220⁴ = 133 → sirrus **257 W/m²** tutar · σ × 280⁴ = 349 → stratus yalnız **41 W/m²**.
2. **Güneş:** sirrus 340 × 0,1 = **34** · stratus 340 × 0,5 = **170 W/m²** ek yansıtır.
3. **Net:** sirrus **+223** (ısıtır) · stratus **–129** (soğutur).
4. **Neden?** Alçak bulut yüzeye yakın sıcaklıkta → yüzey kadar enerji yayar → sera katkısı az (slayt 11).

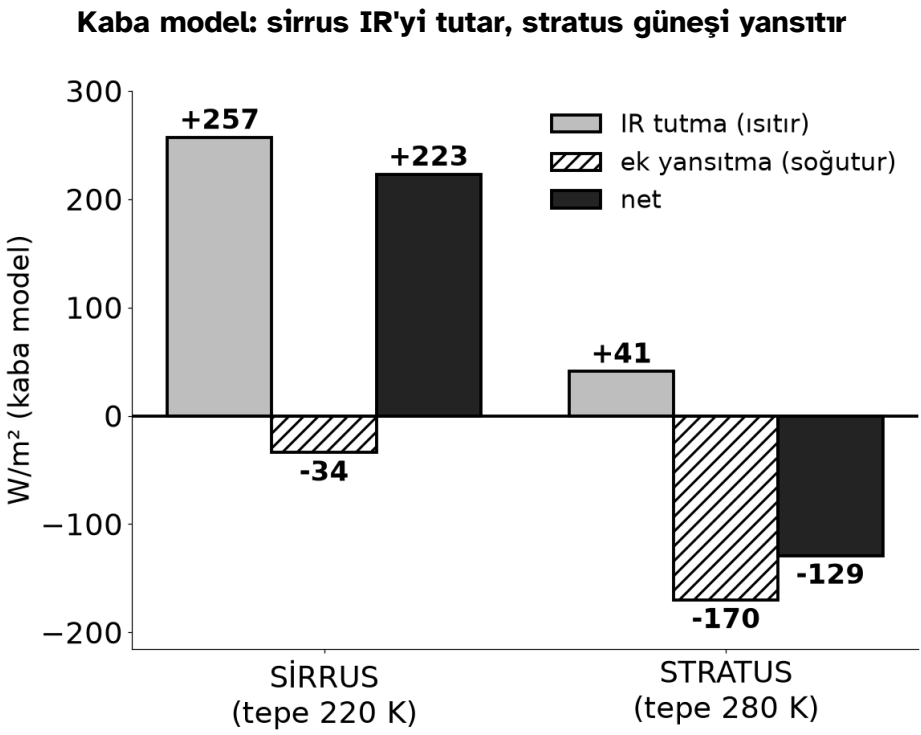
⚠️ **Sık hata:** "Bulut her zaman soğutur" diye genellemek.

Sınavda yaz: "Yüksek bulut net ısıtır, alçak bulut net soğutur; ölçüt tepe sıcaklığı."

adım adım

💎 **ÖZ:** Sirrus = battaniye (+223) · stratus = ayna (–129).

✓ Çözüm — Soru 10 · ŞEKİLLE YORUM



- IR sütunu sirruste uzun (tepe soğuk); yansıtma stratusta uzun (bulut parlak).
- Küresel ortalamada bulutlar net ≈ −20 W/m² [EK].

💎 **ÖZ:** Bulut sorusunda iki sütun çiz: IR (+) ve güneş (−); net işareti sonucu verir.

🎯 S11 · BULUT TABANI

tanım web'de çöz

Soru: Yüzeyde T = 20 °C, Td = 8 °C; paket kuru adyabatik yükseliyor.

- (a) Bulut tabanı (LCL) kaç m?
- (b) Tabanda sıcaklık? (Γd ≈ 9,8 K/km)
- (c) Alçak mı, yüksek mi? Net etkisi?

z = 125 (T − Td) · T(taban) = T − Γd z

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Nem farkı (T − Td) tabanı, taban yüksekliği iklim etkisini belirler.

📋 Ne istiyor? — Soru 11

formül

Ne istiyor? T = 20 °C, Td = 8 °C yüzey havasında bulut tabanının yüksekliği, tabandaki sıcaklık ve bulutun net iklim etkisi.

Soru tipi: Hesap · bulut tabanı (LCL)

diyagram

- *lifting condensation level* → yükselme yoğuşma seviyesi · z ≈ 125 (T – Td)
- *dewpoint depression* → çiğ noktası farkı · T – Td; 1 K ≈ 125 m

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«T = 20 °C»* → Yüzey sıcaklığı. → **T = 20 °C**
- *«Td = 8 °C»* → Yüzey çiy noktası. → **Td = 8 °C**
- *«kuru adyabatik yükseliyor»* → Paket 9,8 K/km soğur. → **koşul**
- *«Γd ≈ 9,8 K/km»* → Kuru adyabatik azalma oranı. → **koşul = 9,8 K/km**

- *«Bulut tabanı (LCL) kaç m?»* → Yoğuşma seviyesi istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · bulut tabanı (LCL)

📋 Hangi formül? — Soru 11

Bulut tabanı (LCL) — Soru «bulut tabanı kaç m?» diyor; T ile Td farkından yüksekliği veren kısa kalıp bu.

terimler

türetim

$$z_{\mathrm{LCL}} \approx 125\,(T - T_d)$$

z(LCL): bulut tabanı, m · T: sıcaklık, °C · Td: çiğ noktası, °C · 125: m/K = 1000/(9,8 – 1,8)

💎 **ÖZ:** Formül: Bulut tabanı (LCL)

📋 Adım adım — Soru 11 (1–2)

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

1. **(a) z** — T − Td farkını 125 ile çarp. → **z = 1500 m**
2. **(b) T** — Yüzey sıcaklığından 9,8 K/km × 1,5 km çıkar. → **T = Td = 5,3 °C**

1. adım

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 11 (3–4)

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

3. **125?** — İki çizginin birbirine yaklaşma hızını bul. → **125 m/K**


3. adım

4. **(c) etki** — Taban yüksekliğini 2 km sınırıyla kıyasla. → **alçak** → **net soğutma**


4. adım

⚠️ **Tuzak:** T + Td almak ya da 1500 m sonucunu km diye yazmak.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) z → (b) T → 125? → (c) etki

✓ Çözüm — Soru 11

sınav cevabı

1. **(a)** z = 125 × (20 − 8) = **1500 m**.
2. **(b)** T = 20 − 9,8 × 1,5 = **5,3 °C**. Kontrol: Td de ≈ 1,8 K/km düşer → 8 − 2,7 = 5,3 °C → T = Td ✓
3. **125 nereden?** İki çizgi 9,8 − 1,8 = 8 K/km hızla yaklaşır → 1 K fark = 1000/8 = 125 m.
4. **(c)** 1,5 km < 2 km → **alçak bulut** → tepe ılık → **net soğutma** eğilimi.

⚠️ **Sık hata:** T + Td almak; sonucu km yazmak.

Sınavda yaz: "LCL'de T = Td: paket doymuştur."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** 12 K nem farkı → 1,5 km taban → alçak bulut → soğutma.

🎯 S12 · BUHAR ↑ → BULUT ↑?

tanım

Soru: Isınma su buharını artırıyor. Slayt 10'a göre bulut örtüsü için iki görüş nedir? Bulutlar neden iklim tahmininin en büyük belirsizliği?

web'de çöz

İki görüş + üç neden

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Bulut geri beslemesinin işareti (+/–) bile tartışmalı.

📋 Ne istiyor? — Soru 12

formül

Ne istiyor? Isınma su buharını artırınca bulut örtüsü için iki görüş ve bulutların neden iklim tahmininin en büyük belirsizliği olduğu.

Soru tipi: Yorum · bulut geri beslemesi

diyagram

- *cloud feedback* → bulut geri beslemesi · işareti (+/−) bile belirsiz
- *largest uncertainty* → en büyük belirsizlik · üç neden say

---

💎 **ÖZ:** Yorum · bulut geri beslemesi

📋 Verilenler — Soru 12

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Isınma su buharını artırıyor»* → Başlangıç koşulu: buhar artıyor. → **koşul**
- *«iki görüş nedir?»* → İki karşıt geri besleme istenir. → **istenen**
- *«en büyük belirsizliği?»* → Belirsizliğin nedeni istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 12

Kullanılacak bilgi: Bulut hem ayna (güneşi yansıtır, soğutur) hem battaniyedir (IR'yi tutar, ısıtır); hangisi baskın, yükseklik ve örtü belirler.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Bulut hem ayna (güneşi yansıtır, soğutur) hem battaniyedir (

📋 Adım adım — Soru 12

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

1. **görüş 1** — Buhar → örtü → albedo zincirini yaz. → **negatif geri besleme**
2. **görüş 2** — Bulutta yağışa geçen suyu zincire ekle. → **örtü artmayabilir**
3. **belirsiz** — Belirsizliğin üç nedenini say. → **işaret ve büyüklük belirsiz**

1. adım

2. adım

3. adım

⚠️ **Tuzak:** «Bulut artarsa kesin soğur» demek; yüksek bulut artarsa ısıtabilir.

💎 **ÖZ:** Plan: görüş 1 → görüş 2 → belirsiz

✓ Çözüm — Soru 12

sınav cevabı

1. **Görüş 1:** buhar ↑ → bulut örtüsü ↑ → albedo ↑ → **negatif** (soğutucu) geri besleme.
2. **Görüş 2:** buhar ↑ → bulutta yağışa geçebilen su ↑ → bulut hızla yağıp dağılır → örtü artmayabilir.
    - ⚠️ Slayt metni burada "artırır" diyor; mantık "azaltabilir" yönünde.
3. **Belirsizlik:** örtü değişimi öngörülemiyor · net etki yüksekliğe bağlı (S10) · aerosol damlayı değiştirir (S22).

⚠️ **Sık hata:** "Bulut artarsa kesin soğur" demek.

Sınavda yaz: "Bulut geri beslemesinin hem büyüklüğü hem işareti belirsiz."

adım adım

💎 **ÖZ:** Daha çok buhar ≠ kesin daha çok bulut; bulut geri beslemesi açık soru.

🎯 S13 · %7 KURALI [EK]

tanım

Soru: Magnus: $e_s = 6{,}112 \cdot \exp(17{,}67\ T / (T + 243{,}5))$ hPa (T: °C).

- (a) 15 °C ve 16 °C'de e_s?
- (b) 1 K ısınmada artış yüzde kaç?
- (c) 3 K ısınmada? Sera etkisine anlamı?

web'de çöz

$e_s(16)/e_s(15) - 1$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Her 1 K ısınma havanın taşıyabileceği buharı ~%7 artırır.

📋 Ne istiyor? — Soru 13

formül

Ne istiyor? Magnus formülüyle 15 ve 16 °C'de doymuş buhar basıncı, 1 K ve 3 K ısınmadaki yüzde artış ve sera etkisine anlamı.

Soru tipi: Hesap · Clausius–Clapeyron %7 kuralı

diyagram

- *saturation vapour pressure* → doymuş buhar basıncı · Magnus: $e_s(T)$, T °C
- *water vapour feedback* → su buharı geri beslemesi · ~%7/K → pozitif

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«e_s = 6,112 · exp(17,67 T / (T + 243,5)) hPa»* → Magnus formülü, T °C. → **e_s**
- *«15 °C ve 16 °C'de e_s?»* → İki sıcaklık yerine konur. → **T = 15 °C, 16 °C**
- *«3 K ısınmada?»* → 15 → 18 °C. → **T = 18 °C**

- *«artış yüzde kaç?»* → Yüzde artış istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · Clausius–Clapeyron %7 kuralı

📋 Hangi formül? — Soru 13

Magnus (doymuş buhar basıncı) — Soru ısınınca havanın taşıyabileceği buharı soruyor; $e_s(T)$ bunu verir.

terimler

türetim

$$e_s = 6{,}112 \exp\left(\frac{17{,}67\,T}{T + 243{,}5}\right)$$

e_s: doymuş buhar basıncı, hPa · T: sıcaklık, °C (K değil)

💎 **ÖZ:** Formül: Magnus (doymuş buhar basıncı)

📋 Adım adım — Soru 13 (1–2)

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

1. **(a) e_s** — Her sıcaklıkta üssü hesapla, exp al, 6,112 ile çarp. → **17,0 · 18,2 hPa**
2. **(b) %** — İki e_s değerini oranla, 1 çıkar. → **%6,6 ≈ %7**

1. adım

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 13 (3–4)

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

3. **(c) 3 K** — 18 °C'de e_s hesapla, 15 °C değeriyle oranla. → **%21 artış**
4. **anlamı** — Buhar artışını geri beslemeye bağla. → **pozitif geri besleme**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Magnus formülüne T'yi kelvin olarak koymak; formül °C ister.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) e_s → (b) % → (c) 3 K → anlamı

✓ Çözüm — Soru 13

sınav cevabı

1. **(a)** $e_s(15) = 6{,}112 \times \exp(1{,}025) =$ **17,0 hPa** · $e_s(16) = 6{,}112 \times \exp(1{,}089) =$ **18,2 hPa**.
2. **(b)** 18,17 / 17,04 = 1,066 → **%6,6 ≈ %7** (Clausius–Clapeyron).
3. **(c)** $e_s(18)$ = 20,6 hPa → **%21** artış.
4. **Anlamı:** bağıl nem kabaca sabit → buhar aynı oranda ↑ → en güçlü sera gazı ↑ → **pozitif geri besleme** (slayt 9).

⚠️ **Sık hata:** T'yi K olarak koymak (Magnus °C ister).

Sınavda yaz: "Isınma → e_s ↑ (~%7/K) → buhar ↑ → ısınma ↑."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** 1 K ↔ %7 buhar: su buharı geri beslemesinin sayısal yüzü.

📌 GB B2 TERİMLERİ (1/2)

- **greenhouse effect** (n) sera etkisi — *It keeps Earth 33 K warmer.*
- **infrared-active** (adj) IR'de aktif — *N_2 is not infrared-active.*
- **dipole moment** (n) dipol moment — *The dipole must change.*
- **absorb** (v) soğurmak — *CO_2 absorbs at 15 µm.*
- **re-emit** (v) yeniden yaymak — *Gases re-emit IR in all directions.*
- **albedo** (n) yansıtma oranı — *Earth's albedo is about 0.30.*

💎 **ÖZ:** absorb → re-emit → warm: sera etkisi üç fiille anlatılır.

📌 GB B2 TERİMLERİ (2/2)

- **radiative forcing** (n) ışınımsal zorlama — *Doubling CO_2 gives 3.7 W/m^2.*
- **feedback** (n) geri besleme — *Water vapour is a positive feedback.*
- **lifting condensation level** (n) yükselme yoğuşma seviyesi — *Cloud base is near the LCL.*

Kalıp cümle:

Alçak bulutlar yüzeyi soğutur, yüksek ince bulutlar ise ısıtır.

Low clouds **cool** the surface, **while** high thin clouds **warm** it.

💎 **ÖZ:** "X ..., while Y ..." — iki zıt etkiyi tek cümlede karşılaştırma kalıbı.

BÖLÜM 3 · AEROSOLLER: BOYUT · SAĞLIK · IŞIK

📌 BU BÖLÜMDE

- Aerosol: birincil ↔ ikincil, ince ↔ iri, üç mod
- Sayı–kesit–hacim: hangi mod neyi belirler?
- Sağlık: PM10, PM2.5, akciğerde birikme
- Işık: Beer kuralı, görüş, doğrudan ↔ dolaylı etki
- Sorular: **S14–S25**

💎 **ÖZ:** Küçük parçacık sayıda, orta boy ışıkta, iri parçacık kütlede baskın.

📖 3.1 KONU ÖZÜ — AEROSOL

Ne? Havada asılı katı/sıvı parçacık (nm → ~100 µm).

Nerede? Troposferde gün–hafta, stratosferde yıl kalır.

Sınavda yaz:

- **Birincil:** doğrudan salınır · **ikincil:** gazdan oluşur.
- **İnce** (D < 2,5 µm): yoğuşma, yanma · **iri:** mekanik.
- Çekirdek 0,005–0,01 µm · birikme 0,1–2,5 µm · iri > 2,5 µm.
- Bileşim: sülfat, nitrat, amonyum, karbon, tuz, toz, su.

💎 **ÖZ:** İki soru sor: doğrudan mı, gazdan mı? İnce mi, iri mi?

🧮 3.2 FORMÜL KARTI — BOYUT

$$S = n\,\pi r^2 \qquad V = n\,\frac{4}{3}\pi r^3$$

Terimler — tek tek:

- n: sayısal yoğunluk (cm^{-3}) · r: yarıçap (μm)
- S: kesit ($\mu m^2/cm^3$) → ışığı belirler
- V: hacim ($\mu m^3/cm^3$) → × ρ = kütle

💎 **ÖZ:** Sayı r^0, kesit r^2, hacim r^3 ile büyür.

🎯 S14 · KİM HANGİ SINIFTA?

tanım

Soru: Deniz tuzu · dizel isi · sülfat (SO_2'den) · SOA (izoprenden) · çöl tozu · polen · amonyum nitrat → birincil/ikincil ve ince/iri diye ayır.

web'de çöz

Doğrudan mı? Çapı 2,5 µm'den küçük mü?

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Gazdan doğan ikincil ve incedir; mekanik olan birincil ve iridir.

📋 Ne istiyor? — Soru 14

formül

Ne istiyor? Yedi aerosolü birincil / ikincil ve ince / iri diye ayırmak.

Soru tipi: Sınıflama · aerosol sınıfları

diyagram

- *primary vs secondary aerosol* → birincil ve ikincil aerosol · doğrudan mı salındı, gazdan mı?
- *fine vs coarse particles* → ince ve iri parçacık · sınır D = 2,5 µm

---

💎 **ÖZ:** Sınıflama · aerosol sınıfları

📋 Verilenler — Soru 14

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«sülfat (SO_2'den)»* → Gazdan dönüşüm → ikincil. → **koşul**
- *«SOA (izoprenden)»* → Gazdan yoğuşma → ikincil. → **koşul**
- *«birincil/ikincil ve ince/iri»* → İki ölçüte göre sınıflama istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 14

Kullanılacak bilgi: Birincil: doğrudan salınır · ikincil: gazdan oluşur. Gazdan dönüşen ince (D < 2,5 µm), mekanik üretilen iri olur.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Birincil: doğrudan salınır · ikincil: gazdan oluşur. Gazdan

📋 Adım adım — Soru 14 (1–2)

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

1. **bir.+iri** — Mekanik üretilenleri ayır. → **tuz, toz, polen**
2. **bir.+ince** — Yanmada doğrudan çıkanı bul. → **dizel isi**

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. **ikincil** — Gazdan doğanları tepkimeleriyle yaz. → **sülfat, SOA, NH_4NO_3**
4. **kural** — Genel kuralı yaz. → **gaz** → **ince** • **mekanik** → **iri**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** İsi ikincil saymak; is yanmada doğrudan çıkar, birincildir.

💎 **ÖZ:** Plan: bir.+iri → bir.+ince → ikincil → kural

✓ Çözüm — Soru 14

sınav cevabı

1. **Birincil + iri:** deniz tuzu, çöl tozu, polen (mekanik, rüzgâr).
2. **Birincil + ince:** dizel isi (element karbon; yanmada doğrudan çıkar).
3. **İkincil + ince:** sülfat (SO_2 + OH → H_2SO_4) · SOA (izopren + oksidan → düşük uçucu ürün yoğuşur) · amonyum nitrat (NH_3 + HNO_3).
4. **Kural:** gazdan dönüşen → ince · mekanik → iri (< 1 µm mekanik üretmek zor, S17).

⚠️ **Sık hata:** isi ikincil saymak; is yanmada **doğrudan** çıkar.

Sınavda yaz: "Birincil: direkt salınır · ikincil: gaz → parçacık (slayt 22)."

adım adım

💎 **ÖZ:** Tuz-toz-polen birincil iri · is birincil ince · sülfat-nitrat-SOA ikincil ince.

🎯 S15 · ÜÇ MOD

tanım

Soru: Uzak karasal hava (slayt 49 mantığı):

- Çekirdek: n = 10^4 cm^{-3}, r = 0,01 µm · Birikme: 10^3, 0,1 µm · İri: 1 cm^{-3}, 2 µm
- Her modun kesiti ve hacmi? Hangisi neyde baskın?

web'de çöz

$S = n\pi r^2$ · $V = n(4/3)\pi r^3$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Hangi modun "önemli" olduğu neyi ölçtüğüne bağlı.

📋 Ne istiyor? — Soru 15

formül

Ne istiyor? Üç aerosol modunun kesitini ve hacmini hesaplayıp sayıda, kesitte ve hacimde hangisinin baskın olduğu.

Soru tipi: Hesap · modların kesit ve hacmi

diyagram

- *aerosol size distribution* → aerosol boyut dağılımı · sayı r^0, kesit r^2, hacim r^3
- *accumulation mode* → birikme modu · ışığı (kesiti) bu mod yönetir

---

💎 **ÖZ:** Hesap · modların kesit ve hacmi

📋 Verilenler — Soru 15

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«n = 10⁴ cm⁻³, r = 0,01 μm»* → Çekirdek modu. → **n, r = 10⁴ cm⁻³, 0,01 μm**
- *«Birikme: 10³, 0,1 μm»* → Birikme modu. → **n, r = 10³ cm⁻³, 0,1 μm**
- *«İri: 1 cm⁻³, 2 μm»* → İri mod. → **n, r = 1 cm⁻³, 2 μm**
- *«kesiti ve hacmi»* → S ve V istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 15

Kesit ve hacim derişimi — Soru her modun kesitini ve hacmini istiyor; sayıyı r^2 ve r^3 ile tartan kalıp bu.

terimler

türetim

$$S = n\,\pi r^2 \qquad V = n\,\frac{4}{3}\pi r^3$$

n: sayı yoğunluğu, cm^{-3} · r: yarıçap, µm · S: kesit, $\mu m^2/cm^3$ → ışık · V: hacim, $\mu m^3/cm^3$ → kütle

---

💎 **ÖZ:** Formül: Kesit ve hacim derişimi

📋 Adım adım — Soru 15 (1–2)

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

1. **kesit** — Her mod için n × π × r^2 hesapla. → **3,1 · 31 · 13 µm²/cm³**
2. **hacim** — Her mod için n × (4/3)π × r^3 hesapla. → **0,04 · 4,2 · 33,5 µm³/cm³**

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. **baskın** — Her ölçüde modların payını kıyasla. → **çekirdek · birikme · iri**
4. **anlamı** — Sonucu uygulamaya bağla. → **ışık: birikme · kütle: iri**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** «En çok parçacık = en çok kütle» demek; kütle r^3 ile gider.

💎 **ÖZ:** Plan: kesit → hacim → baskın → anlamı

✓ Çözüm — Soru 15

sınav cevabı

1. **Kesit (µm²/cm³):** çekirdek $10^{4} \times \pi \times 10^{-4}$ = **3,1** · birikme $10^{3} \times \pi \times 0{,}01$ = **31** · iri $\pi \times 4$ = **13**.
2. **Hacim (µm³/cm³):** çekirdek **0,04** · birikme **4,2** · iri **33,5**.
3. **Baskın:** sayıda çekirdek (%91) · kesitte birikme (%67) · hacimde iri (%89).
4. **Anlamı:** görüş, saçılma, bulut çekirdeği → birikme modu · PM10 kütlesi → iri mod.

⚠️ **Sık hata:** "en çok parçacık = en çok kütle" demek; kütle r^{3} ile gider.

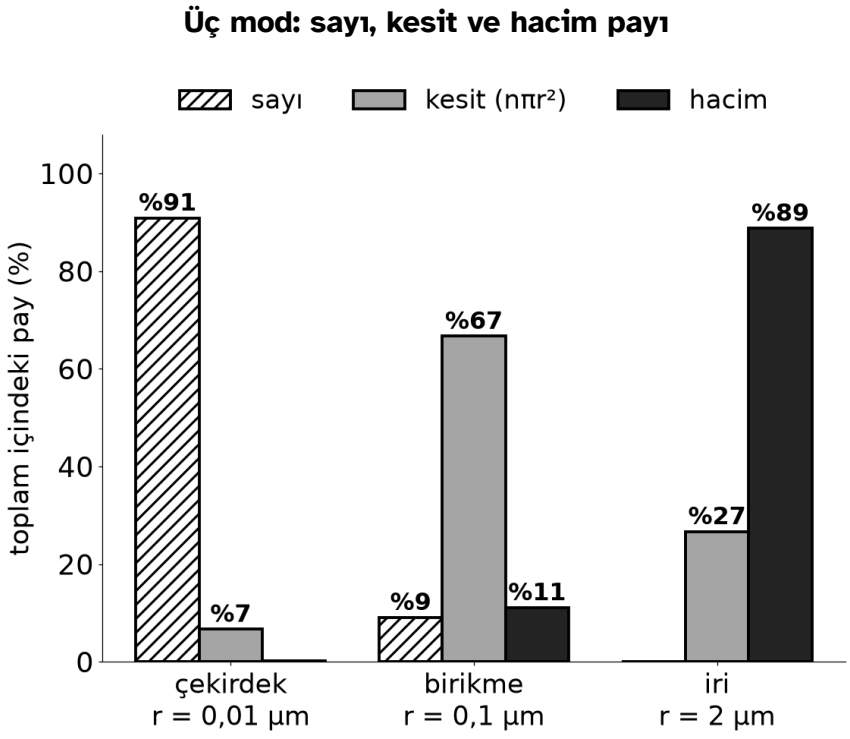
Sınavda yaz: "Slayt 49'daki $n\pi r^{2}$ kesit alanıdır; yüzey alanı $4\pi r^{2}n$."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Sayı → çekirdek · ışık → birikme · kütle → iri.

✓ Çözüm — Soru 15 · ŞEKİLLE YORUM



- Sayı solda, hacim sağda tepe yapar; kesit (gri) ortada → ışığı birikme modu yönetir.

💎 **ÖZ:** Soruda "sayı / ışık / kütle" kelimesini bul; cevap modu oradan çıkar.

🎯 S16 · HACİMDEN PM'E

tanım

Soru: S15'teki modlar; yoğunluk iri modda 2 g/cm³, diğerlerinde 1,7 g/cm³.

- (a) Her modun kütle derişimi (µg/m³)?
- (b) PM2.5 ve PM10 kaç? (iri mod: r = 2 µm)

web'de çöz

1 µm³/cm³ × 1 g/cm³ = 1 µg/m³

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Hacim × yoğunluk = kütle; PM sınıfı ÇAPLA tanımlanır.

📋 Ne istiyor? — Soru 16

formül

Ne istiyor? S15'teki modların kütle derişimini (µg/m³) bulup PM2.5 ve PM10 değerlerini hesaplamak.

Soru tipi: Hesap · hacimden PM2.5 ve PM10

animasyon

- *PM2.5 / PM10* → çapı 2,5 / 10 µm altı parçacık kütlesi · çapla tanımlı, yarıçapla değil
- *particle density* → parçacık yoğunluğu · kütle = hacim × ρ

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«S15'teki modlar»* → Hacimler S15'ten alınır. → **V = 0,04 / 4,2 / 33,5 µm³/cm³**
- *«iri modda 2 g/cm³»* → İri mod yoğunluğu. → **ρ = 2 g/cm³**
- *«diğerlerinde 1,7 g/cm³»* → İnce modların yoğunluğu. → **ρ = 1,7 g/cm³**
- *«iri mod: r = 2 µm»* → D = 4 µm → yalnız PM10'a girer. → **koşul**

- *«PM2.5 ve PM10 kaç?»* → Kütle toplamları istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · hacimden PM2.5 ve PM10

📋 Hangi formül? — Soru 16

Hacimden kütle derişimi — Soru µg/m³ istiyor, elde hacim var; hacim × yoğunluk = kütle ve birimler 1'e 1 eşleşir.

terimler

türetim

$$C\ [\mu\mathrm{g/m^3}] = V\ [\mu\mathrm{m^3/cm^3}] \times \rho\ [\mathrm{g/cm^3}]$$

C: kütle derişimi, µg/m³ · V: hacim derişimi, µm³/cm³ · ρ: parçacık yoğunluğu, g/cm³

💎 **ÖZ:** Formül: Hacimden kütle derişimi

📋 Adım adım — Soru 16 (1–2)

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

1. **birim** — 1 $\mu m^3/cm^3$ × 1 g/cm^3'ün kaç $\mu g/m^3$ ettiğini göster. → **1 $\mu m^3/cm^3$ → 1 $\mu g/m^3$**
2. **(a) kütle** — Her modun hacmini kendi yoğunluğuyla çarp. → **67 · 7,1 · 0,07 $\mu g/m^3$**

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. **(b) PM** — Çapa bak; hangi mod hangi PM'e girer, topla. → **PM2.5 ≈ 7,2 · PM10 ≈ 74**

3. adım

4. **yorum** — PM2.5 / PM10 oranını yorumla. → **kütle mekanik (toz) kökenli**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Yarıçapı çap sanmak: r = 2 µm → D = 4 µm, yani PM2.5'e girmez.

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

✓ Çözüm — Soru 16

sınav cevabı

1. **Birim:** 1 $\mu m^3/cm^3 = 10^{-12}$ cm^3 / $cm^3 = 10^{-6}$ cm^3/m^3 → × 1 $g/cm^3 = 10^{-6}$ g/m^3 = **1 µg/m³**.
2. **(a)** iri 33,5 × 2 = **67 µg/m³** · birikme 4,19 × 1,7 = **7,1** · çekirdek **0,07**.
3. **(b)** Birikme + çekirdek (D < 2,5 µm) → **PM2.5 ≈ 7,2 µg/m³** · iri mod D = 4 µm → yalnız PM10'a girer → **PM10 ≈ 74 µg/m³**.
4. **Yorum:** PM2.5 / PM10 ≈ 0,1 → kütle mekanik (toz) kökenli.

⚠️ **Sık hata:** yarıçapı çap sanmak: r = 2 µm → D = 4 µm.

Sınavda yaz: "PM_x: çapı x µm'den küçük parçacıkların kütlesi."

adım adım

💎 **ÖZ:** PM10 kütlesini az sayıdaki iri parçacık belirler.

🎯 S17 · ÇÖKELME [EK]

tanım

Soru: Stokes: $v = \rho g D^2 / (18\mu)$ · $\rho = 2000$ kg/m³ · $\mu = 1{,}8\times10^{-5}$ Pa·s

- (a) < 1 µm parçacık neden mekanik üretilemez?
- (b) D = 10 µm ve 1 µm: v ve 1 km düşme süresi?

web'de çöz

10 µm = 10^{-5} m

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İnce parçacık düşmez, yağışla yıkanır; iri parçacık hızla çöker.

📋 Ne istiyor? — Soru 17

formül

Ne istiyor? 1 µm altı parçacığın neden mekanik üretilemediği; 10 µm ve 1 µm parçacığın çökelme hızı ve 1 km düşme süresi.

Soru tipi: Hesap + yorum · Stokes çökelme hızı

animasyon

- *settling velocity* → çökelme hızı · Stokes: $v = \rho g D^2/(18\mu)$
- *surface tension* → yüzey gerilimi · küçük parçacık: alan/hacim büyük

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«ρ = 2000 kg/m³»* → Parçacık yoğunluğu. → **$\rho = 2000\ kg/m^3$**
- *«μ = 1,8×10⁻⁵ Pa·s»* → Havanın viskozitesi. → **$\mu = 1{,}8\times10^{-5}\ Pa\cdot s$**
- *«D = 10 µm ve 1 µm»* → İki çap. → **$D = 10^{-5}\ m$, $10^{-6}\ m$**

- *«1 km düşme süresi»* → t = 1000 m / v istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap + yorum · Stokes çökelme hızı

📋 Hangi formül? — Soru 17

Stokes çökelme hızı — (b) düşme hızını soruyor; küçük küresel parçacık için Stokes kalıbı kullanılır.

terimler

türetim

$$v = \frac{\rho\, g\, D^2}{18\, \mu}$$

v: çökelme hızı, m/s · ρ: parçacık yoğunluğu, kg/m³ · D: çap, m (yarıçap değil) · μ: hava viskozitesi, Pa·s

---

💎 **ÖZ:** Formül: Stokes çökelme hızı

📋 Adım adım — Soru 17 (1–2)

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

1. **(a) neden** — Alan/hacim oranını yüzey gerilimine bağla. → **1 µm altı mekanik zor**

1. adım

2. **10 µm** — D = 10^{-5} m koy, v'yi bul, 1000 m'yi v'ye böl. → **6×10^{-3} m/s • ≈ 46 saat**

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 17 (3–4)

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

3. **1 µm** — D^2 100 kat küçük: hızı 100'e böl. → **≈ 190 gün**

3. adım

4. **ömür** — Çökelmeyi yağışla yıkanmaya bağla. → **trop. gün–hafta · strat. yıl**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** D yerine r koymak ya da µm'yi metreye çevirmemek.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) neden → 10 µm → 1 µm → ömür

✓ Çözüm — Soru 17

sınav cevabı

1. **(a)** Küçük parçacığın alan/hacim oranı büyük → birim hacim başına **yüzey gerilimi** çok yüksek → rüzgâr kıramaz (slayt 17).
2. **(b)** 10 µm: $v = 2000 \times 9{,}81 \times 10^{-10} / (18 \times 1{,}8\times10^{-5})$ = **6×10^{-3} m/s** → 1 km ≈ **46 saat**.
3. 1 µm: D^2 100 kat küçük → **6×10^{-5} m/s** → 1 km ≈ **190 gün**.
4. **Ömür:** ince parçacığı yağış yıkar → troposferde gün–hafta · stratosferde yağış yok → yıl.

⚠️ **Sık hata:** D yerine r koymak; µm'yi metreye çevirmemek.

Sınavda yaz: "Çökelme hızı çapın karesiyle artar."

adım adım

💎 **ÖZ:** $v \propto D^2$: 10 kat büyük → 100 kat hızlı çöker.

🎯 S18 · HANGİ KARBON?

tanım

Soru: Grafit · elmas · dizel isi · glikoz ($C_6H_{12}O_6$) · izoprenden SOA · CO_2 → element karbon / organik karbon / hiçbiri? Allotrop nedir?

web'de çöz

Yalnız C mi, C–H / C–O bağı mı?

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Element karbon saf C; organik karbon başka atomlara bağlı C.

📋 Ne istiyor? — Soru 18

formül

Ne istiyor? Altı maddeyi element karbon, organik karbon ya da hiçbiri diye ayırmak ve allotropun ne olduğu.

Soru tipi: Sınıflama · element ve organik karbon

diyagram

- *elemental (black) carbon* → element karbon (is) · yalnız C atomu
- *organic carbon* → organik karbon · C–H, C–O bağlı karbon

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«element karbon / organik karbon / hiçbiri?»* → Üç sınıfa ayırma istenir. → **istenen**
- *«Allotrop nedir?»* → Tanım istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Sınıflama · element ve organik karbon

📋 Hangi formül? — Soru 18

Kullanılacak bilgi: Element karbon yalnız C atomudur (is, grafit, elmas); organik karbon C–H/C–O bağlıdır. Allotrop: aynı elementin farklı dizilimi.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Element karbon yalnız C atomudur (is, grafit, elmas); organi

📋 Adım adım — Soru 18 (1–3)

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

1. **element** — Yalnız C içerenleri ayır. → **grafit, elmas, is**
2. **organik** — C–H, C–O bağı olanları ayır. → **glikoz, SOA**
3. **hiçbiri** — CO_2'yi yerleştir. → **CO_2** → **hiçbiri**

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. **allotrop** — Tanımı yaz, örnek ver. → **farklı dizilim**
5. **aerosolde** — Işığa etkisini ekle. → **is soğurur · organik saçar**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** «Karbon içeren her şey organiktir» demek; CO_2 organik değildir.

💎 **ÖZ:** Plan: element → organik → hiçbiri → allotrop → aerosolde

✓ Çözüm — Soru 18

1. **Element karbon:** grafit, elmas, is/kurum (amorf) → yalnız C (slayt 14).
2. **Organik karbon:** glikoz, SOA → C–H, C–O bağları; canlı kökenli.
3. **Hiçbiri:** CO_2 → inorganik karbon [EK].
4. **Allotrop:** aynı element, aynı hâl, farklı dizilim → elmas ↔ grafit ↔ grafen (slayt 15).
5. **Aerosolde:** is güneşi **soğurur** (ısıtır) · organik çoğunlukla **saçar**.

sınav cevabı

⚠️ **Sık hata:** "karbon içeren her şey organik" demek (CO_2 değil).

Sınavda yaz: "Temel karbon direkt salınır (dizel isi) · organik karbon direkt ya da yoğuşmayla (slayt 22)."

💎 **ÖZ:** Is = element karbon (soğurur) · organik aerosol = C–H/C–O (saçar).

📖 3.3 KONU ÖZÜ — SAĞLIK

Ne? Küçük parçacık solunum yolunda derine iner; hava kalitesi PM ile ölçülür.

Nerede? Şehir (trafik, ısınma), sanayi, toz taşınımı.

Sınavda yaz:

- PM10: D < 10 µm · PM2.5: D < 2,5 µm · nano: D < 0,1 µm
- Mikron altı → akciğerin en derini (pulmoner); nano → kana, organlara.
- EPA (slayt, eski değer): PM2.5 15 yıllık · PM10 150 µg/m^3 24 saatlik.
- Londra 1952: SO_2 + is; smogun ana bileşeni aerosol.

💎 **ÖZ:** Ne kadar küçük, o kadar derine; sınırın ortalama süresini yaz.

🎯 S19 · SINIR AŞILDI MI?

tanım

Soru: 5 günlük PM10 (24 sa ort.): 80 · 120 · 165 · 140 · 95 µg/m³. Aynı yerde yıllık PM2.5 = 22 µg/m³. Slayttaki EPA sınırlarına göre yorumla.

web'de çöz

Her değeri kendi süresinin sınırıyla kıyasla.

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Sınır = değer + ortalama süresi; ikisi birlikte okunur.

📋 Ne istiyor? — Soru 19

formül

Ne istiyor? 5 günlük PM10 değerlerini ve yıllık PM2.5'i EPA sınırlarıyla kıyaslayıp aşım olup olmadığı.

Soru tipi: Yorum · PM sınır aşımı

animasyon

- *24-hour standard* → 24 saatlik sınır değer · her gün ayrı kıyaslanır
- *annual mean standard* → yıllık ortalama sınır · yıllık değerle kıyasla

---

💎 **ÖZ:** Yorum · PM sınır aşımı

📋 Verilenler — Soru 19

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«80 · 120 · 165 · 140 · 95 µg/m³»* → Günlük PM10 değerleri. → **koşul**
- *«yıllık PM2.5 = 22 µg/m³»* → Yıllık ortalama. → **koşul = 22 µg/m³**
- *«EPA sınırlarına göre yorumla»* → Sınırla kıyas istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 19

Kullanılacak bilgi: Ölçüm, aynı ortalama süreli sınırla kıyaslanır: 24 saatlik değer 24 saatlik sınırla, yıllık değer yıllık sınırla.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Ölçüm, aynı ortalama süreli sınırla kıyaslanır: 24 saatlik d

📋 Adım adım — Soru 19 (1–2)

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

1. **PM10** — Her günü 150 ile tek tek kıyasla. → **1 gün aşım**
2. **ortalama?** — 5 gün ortalamasının neden kullanılamayacağını yaz. → **ortalamayla kıyas yanlış**

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. **PM2.5** — Yıllık değeri yıllık sınırla kıyasla. → **aşım (%47 fazla)**
4. **yorum** — Hangisinin daha tehlikeli olduğunu söyle. → **iki ayrı ihlal**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** 24 saatlik değeri yıllık sınırla ya da 5 gün ortalamasını günlük sınırla kıyaslamak.

💎 **ÖZ:** Plan: PM10 → ortalama? → PM2.5 → yorum

✓ Çözüm — Soru 19

sınav cevabı

1. **PM10 (24 sa sınırı 150):** yalnız **165** aşıyor → **1 gün aşım**.
2. 5 gün ortalaması 120 → "ortalama altında, aşım yok" demek **yanlış**: 24 saatlik sınır her gün ayrı.
3. **PM2.5 (yıllık sınır 15):** 22 > 15 → **aşım** (%47 fazla).
4. **Yorum:** PM2.5 daha tehlikeli: derine iner, sınırı da daha sıkı.

⚠️ **Sık hata:** 24 saatlik değeri yıllık sınırla kıyaslamak.

Sınavda yaz: "Ölçüm, aynı ortalama süreli sınırla değerlendirilir."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** 1 gün PM10 aşımı + yıllık PM2.5 aşımı: iki ayrı ihlal.

🎯 S20 · NEREYE İNER?

tanım

Soru: 5 µm, 0,5 µm ve 0,02 µm çaplı üç parçacık soluyorsun. Slayt 28'deki birikme eğrisine göre her biri en çok nerede tutulur? Hangisi en tehlikeli?

web'de çöz

Burun · bronş · akciğer (pulmoner)

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Solunum yolu bir elek: iriyi burun, en inceyi akciğer tutar.

📋 Ne istiyor? — Soru 20

formül

Ne istiyor? 5 µm, 0,5 µm ve 0,02 µm parçacıkların solunum yolunda en çok nerede tutulduğu ve hangisinin en tehlikeli olduğu.

Soru tipi: Yorum · solunum yolunda birikme

animasyon

- *respiratory deposition* → solunum yolunda birikme · iri burunda, nano akciğerde
- *pulmonary (alveolar) region* → akciğer (alveol) bölgesi · mikron altı buraya iner

---

💎 **ÖZ:** Yorum · solunum yolunda birikme

📋 Verilenler — Soru 20

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«5 µm, 0,5 µm ve 0,02 µm»* → Üç parçacık boyu. → **koşul**
- *«en çok nerede tutulur?»* → Solunum yolundaki birikme yeri istenir. → **istenen**
- *«Hangisi en tehlikeli?»* → Sağlık riski istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 20

Kullanılacak bilgi: Solunum yolu bir elek gibidir: iriyi burun, en inceyi akciğer tutar. Mikron altı ve nano parçacık kana geçebilir.



terimler



türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Solunum yolu bir elek gibidir: iriyi burun, en inceyi akciğe

📋 Adım adım — Soru 20 (1–2)

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

1. **5 µm** — İri parçacığın tutulduğu yeri yaz. → **burun / üst yol**
2. **0,5 µm** — Orta boyun davranışını yaz. → **çoğu geri solunur**

1. adım

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. **0,02 µm** — Nano parçacığın yerini yaz. → **akciğer (alveol)**
4. **tehlike** — En tehlikeliyi nedeniyle seç. → **0,02 µm en tehlikeli**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** «En küçük parçacık hiç tutulmaz» demek; nano parçacık akciğerde çok birikir.

💎 **ÖZ:** Plan: 5 µm → 0,5 µm → 0,02 µm → tehlike

✓ Çözüm — Soru 20

sınav cevabı

1. **5 µm:** burun ve üst yolda (nazal) takılır → mukusla atılır.
2. **0,5 µm:** en az tutulan aralık → çoğu geri solunur.
3. **0,02 µm:** difüzyonla duvara çarpar → **pulmoner bölgede** (alveol) çok birikir.
4. **En tehlikeli:** mikron altı ve nano → alveolden kana, kalp, karaciğer, beyne (slayt 29).

⚠️ **Sık hata:** "en küçük parçacık hiç tutulmaz" demek.

Sınavda yaz: "Mikron altı aerosol pulmoner bölgeye nüfuz eder → tehlikeli kirletici."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** İri → burun · ~0,5 µm → az tutulur · nano → akciğer ve kan.

🎯 S21 · %10/YIL BÜYÜME

tanım

Soru: Slayt 27: Çin'de NO_2 yılda ~%10 artıyor.

- (a) Kaç yılda iki katına çıkar?
- (b) 10 yılda kaç katına çıkar?

web'de çöz

$1{,}1^t = 2 \rightarrow t = \ln 2 / \ln 1{,}1$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Yüzde artış bileşik faizdir: toplamaz, çarpar.

📋 Ne istiyor? — Soru 21

formül

Ne istiyor? Yılda %10 artan NO_2'nin kaç yılda iki katına çıktığı ve 10 yılda kaç katına çıktığı.

Soru tipi: Hesap · yüzde büyüme (üstel)

animasyon

- *doubling time* → ikiye katlanma süresi · $t = \ln 2 / \ln(1 + r)$
- *annual growth rate* → yıllık büyüme oranı · bileşik: $N_0(1 + r)^t$

💎 **ÖZ:** Hesap · yüzde büyüme (üstel)

📋 Verilenler — Soru 21

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«yılda ~%10 artıyor»* → Yıllık büyüme oranı. → **r = 0,10**
- *«Kaç yılda iki katına»* → $N/N_0 = 2$ için t istenir. → **istenen**
- *«10 yılda kaç katına»* → t = 10 yerine konur. → **t = 10 yıl**

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

📋 Hangi formül? — Soru 21

Bileşik büyüme — Soru «yılda %10 artış» diyor; her yıl bir öncekinin üstüne eklenir, büyüme üsteldir.

terimler

türetim

$$N(t) = N_0\,(1+r)^t$$

N₀: başlangıç miktarı · r: yıllık oran, 0,1 · t: süre, yıl

💎 **ÖZ:** Formül: Bileşik büyüme

📋 Adım adım — Soru 21 (1–2)

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

1. **(a) 2 kat** — $1{,}1^t$ = 2'nin logaritmasını al. → **t = 7,3 yıl**
2. **(b) 10 yıl** — 1,1'in 10. kuvvetini al. → **2,59 kat**

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. **neden** — Toplamanın neden yanlış olduğunu yaz. → **üstel büyüme**
4. **etkisi** — NO_2 artışının sonuçlarını say. → **O_3, PM2.5, asit ↑**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** 10 × %10 = %100 deyip «2 kat» demek; gerçek artış 2,59 kat.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) 2 kat → (b) 10 yıl → neden → etkisi

✓ Çözüm — Soru 21

sınav cevabı

1. **(a)** t = ln 2 / ln 1,1 = 0,693 / 0,0953 = **7,3 yıl** (kısayol: 70/10 = 7).
2. **(b)** $1{,}1^{10}$ = **2,59 kat**.
3. **Neden?** Her yıl bir önceki yılın %10'u eklenir → üstel büyüme.
4. **Etkisi:** NO_2 ↑ → O_3 ↑, nitrat aerosolü (PM2.5) ↑, HNO_3 (asit yağmuru) ↑.

⚠️ **Sık hata:** 10 × %10 = %100 → "2 kat" demek (gerçek 2,59).

Sınavda yaz: "$N(t) = N_0(1 + r)^t$."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** %10/yıl → 7 yılda 2 kat, 10 yılda 2,6 kat.

📖 3.4 KONU ÖZÜ — IŞIK ve İKLİM

Ne? Aerosol ışığı saçar ve soğurur → görüş azalır, iklim değişir (slayt 18).

Nerede? Sınır tabakası (pus, duman) · stratosfer (volkan).

Sınavda yaz:

- **Doğrudan:** saçar (sülfat → soğutur) ya da soğurur (is → ısıtır).
- **Dolaylı:** aerosol = bulut yoğuşma çekirdeği (CCN) → küçük damla → parlak bulut, az yağış.
- Temiz bulut: büyük damla, düşük albedo · kirli bulut: tersi.

💎 **ÖZ:** Doğrudan = ışıkla kendisi oynar; dolaylı = bulut üzerinden oynar.

🧮 3.5 FORMÜL KARTI — BEER

$$I = I_0\, e^{-\tau} \qquad \tau = (\sigma_s + \sigma_a)\, n\, L$$

Terimler — tek tek:

- σ_s, σ_a: saçılma, soğurma kesiti (cm^2) · L: yol
- K = (σ_s + σ_a) n: yok olma katsayısı → τ = K L
- ω = σ_s / (σ_s + σ_a): tek saçılma albedosu

💎 **ÖZ:** τ = 1 → %37 geçer · ω ≈ 1 saçıcı, küçük ω soğurucu.

🎯 S22 · KİRLİ BULUT

tanım

Soru: Bulutta sıvı su miktarı sabit; kirlilik damla sayısını (N) 8 katına çıkarıyor.

- (a) Damla yarıçapı ne olur?
- (b) Toplam kesit kaç kat?
- (c) Albedo ve yağışa etkisi?

web'de çöz

su = N (4/3)πr³ = sabit

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Aynı suyu daha çok damlaya bölmek bulutu parlatır.

📋 Ne istiyor? — Soru 22

formül

Ne istiyor? Sıvı su sabitken damla sayısı 8 katına çıkınca damla yarıçapı, toplam kesit ve bulutun albedosu ile yağışa etkisi.

Soru tipi: Hesap + yorum · Twomey (kirli bulut)

diyagram

- *cloud albedo effect (Twomey)* → bulut albedo etkisi (Twomey) · $r \propto N^{(-1/3)}$
- *liquid water content* → sıvı su miktarı · sabit: $N(4/3)\pi r^3 = \text{sabit}$

💎 **ÖZ:** Hesap + yorum · Twomey (kirli bulut)

📋 Verilenler — Soru 22

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«sıvı su miktarı sabit»* → N r^3 sabit kalır. → **koşul**
- *«damla sayısını (N) 8 katına»* → N çarpanı. → **N = 8**
- *«Toplam kesit kaç kat?»* → N r^2 oranı istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 22

Sabit su ile damla boyu — Soru su sabitken damla sayısı değişince boyutu soruyor; toplam hacim korunur.

terimler

türetim

$$N\,\frac{4}{3}\pi r^3 = \text{sabit} \;\Rightarrow\; r \propto N^{-1/3}$$

N: damla sayısı · r: damla yarıçapı · N r^2: toplam kesit → optik derinlik

---

💎 **ÖZ:** Formül: Sabit su ile damla boyu

📋 Adım adım — Soru 22 (1–2)

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

1. **(a) r** — N r^3 sabitinden r'yi çöz. → **r yarıya iner**
2. **(b) kesit** — Toplam kesiti N r^2 ile hesapla. → **kesit 2 kat**

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) etki** — Albedo ve yağışın yönünü yaz. → **albedo ↑ • yağış ↓**

3. adım

4. **gözlem** — Gerçek bir örnek ver. → **gemi izleri**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** «Daha çok aerosol → daha çok yağış» demek; damla küçülür, yağış azalır.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) r → (b) kesit → (c) etki → gözlem

✓ Çözüm — Soru 22

sınav cevabı

1. **(a)** $N\,r^3$ sabit → $r \propto 1/\sqrt[3]{N}$ → $1/\sqrt[3]{8} = \mathbf{1/2}$ → yarıçap yarıya iner.
2. **(b)** kesit $\propto N\,r^2$ → $8 \times (1/2)^2 = \mathbf{2\ kat}$ → bulut optik derinliği 2 kat.
3. **(c)** Daha çok saçılma → **albedo** ↑ (soğutma) · küçük damla zor büyür → **yağış** ↓, bulut ömrü ↑.
4. **Gözlem:** gemi rotaları bulutta parlak çizgi bırakır (slayt 44).

⚠️ **Sık hata:** "daha çok aerosol → daha çok yağış" demek.

Sınavda yaz: "CCN ↑ → damla sayısı ↑, boyutu ↓ → albedo ↑, yağış ↓."

adım adım

💎 **ÖZ:** N 8 kat → r yarı → kesit 2 kat → parlak, az yağışlı bulut.

🎯 S23 · GÖRÜŞ [EK]

tanım

Soru: Koschmieder: V = 3,912 / K (K: km^{-1}).

- (a) Temiz hava K = 0,05 km^{-1} → V?
- (b) 7 km'deki tepeler görünmüyor (slayt 26) → K en az?
- (c) Görüşü en çok hangi boyut azaltır?

web'de çöz

V = 3,912 / K

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Görüş, yok olma katsayısının tersiyle orantılı.

📋 Ne istiyor? — Soru 23

formül

Ne istiyor? Temiz havada görüş, 7 km'deki tepelerin görünmemesi için gereken en küçük K ve görüşü en çok hangi boyutun azalttığı.

Soru tipi: Hesap · Koschmieder görüş mesafesi

diyagram

- *visibility (visual range)* → görüş mesafesi · V = 3,912 / K
- *extinction coefficient* → yok olma katsayısı · K büyük → görüş kısa

---

💎 **ÖZ:** Hesap · Koschmieder görüş mesafesi

📋 Verilenler — Soru 23

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«K = 0,05 km^{-1}»* → Temiz havanın sönüm katsayısı. → **K = 0,05 km^{-1}**
- *«7 km'deki tepeler görünmüyor»* → Görüş 7 km'den az. → **V = 7 km**
- *«K en az?»* → Alt sınır istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 23

Koschmieder — Soru görüş mesafesini yok olma katsayısına bağlıyor; bağı veren kalıp bu.

terimler

türetim

$$V = \frac{3{,}912}{K}$$

V: görüş mesafesi, km · K: yok olma katsayısı, km^{-1} · 3,912: ln(1/0,02)

💎 **ÖZ:** Formül: Koschmieder

📋 Adım adım — Soru 23 (1–2)

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

1. **(a) V** — 3,912'yi 0,05'e böl. → **V = 78 km**
2. **(b) K** — V < 7 km koşulunu K'ye çevir. → **K > 0,56 km⁻¹**

1. adım

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 23 (3–4)

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

3. **(c) boyut** — Parçacık çapını görünür ışığın dalga boyuyla kıyasla. → **birikme modu**
4. **3,912?** — Sabitin kaynağını yaz. → **%2 kontrast eşiği**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** K'de m^{-1} ile km^{-1}'i karıştırmak (1000 kat).

💎 **ÖZ:** Plan: (a) V → (b) K → (c) boyut → 3,912?

✓ Çözüm — Soru 23

sınav cevabı

1. **(a)** V = 3,912 / 0,05 = **78 km**.
2. **(b)** V < 7 km → K > 3,912 / 7 = **0,56 km^{-1}**.
3. **(c) Mikron altı** (birikme modu): çapı görünür ışığın dalga boyuna (0,4–0,7 µm) yakın → en verimli saçıcı.
4. **3,912 nereden?** Göz %2 kontrastı seçer: ln(1/0,02) = 3,912.

⚠️ **Sık hata:** K'de m^{-1} ile km^{-1}'i karıştırmak.

Sınavda yaz: "Mikrondan küçük aerosoller görüş düşüşünün temel nedenidir."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** K = 0,56 km^{-1} → görüş 7 km; temiz havada ~80 km.

🎯 S24 · EĞİK IŞIN [EK]

tanım

Soru: Dikey optik derinlik τ = 0,3; güneşin zenit açısı θ.

- (a) Güneş tepedeyken doğrudan ışının yüzde kaçı yere ulaşır?
- (b) θ = 60° ve 80°'de? (yol ≈ 1/cos θ kat)
- (c) Gün batımı neden kırmızı?

web'de çöz

$$I/I_0 = \exp(-\tau / \cos\theta)$$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Eğik ışın uzun yol alır: optik derinlik yolla çarpılır.

📋 Ne istiyor? — Soru 24

formül

Ne istiyor? τ = 0,3 iken güneş tepede, 60° ve 80° zenit açısındayken doğrudan ışının yere ulaşan payı ve gün batımının neden kırmızı olduğu.

Soru tipi: Hesap · eğik ışında Beer kuralı

diyagram

- *solar zenith angle* → güneş zenit açısı · yol ≈ 1/cos θ kat
- *direct beam transmittance* → doğrudan ışın geçirimi · exp(−τ / cos θ)

💎 **ÖZ:** Hesap · eğik ışında Beer kuralı

📋 Verilenler — Soru 24

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«τ = 0,3»* → Dikey optik derinlik. → **τ = 0,3**
- *«θ = 60° ve 80°'de»* → İki zenit açısı. → **θ = 60°, 80°**
- *«yol ≈ 1/cos θ kat»* → Eğik yolda τ büyür. → **koşul**
- *«yüzde kaçı yere ulaşır?»* → I/I_0 istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 24

Beer kuralı (eğik yol) — Soru doğrudan ışının geçen payını soruyor; eğik yolda τ, 1/cos θ ile büyür.

terimler

türetim

$$\frac{I}{I_0} = \exp\left(-\frac{\tau}{\cos\theta}\right)$$

I/I₀: geçen pay · τ: dikey optik derinlik · θ: zenit açısı (dikeyden)

💎 **ÖZ:** Formül: Beer kuralı (eğik yol)

📋 Adım adım — Soru 24 (1–2)

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

1. **(a) tepe** — θ = 0: exp(−0,3) hesapla. → **%74 ulaşır**
2. **(b) eğik** — T'yu 1/cos θ ile çarp, exp al. → **%55 · %18**

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. **(c) renk** — Uzun yolu dalga boyuna bağla.
   → **kırmızı ışık kalır**


3. adım

4. **bağ** — Beer formülünde yolun yerini göster.
   → **L büyür → T büyür**


4. adım

⚠️ **Tuzak:** cos yerine sin almak ya da θ'yı yükseklik açısı sanmak.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) tepe → (b) eğik → (c) renk → bağ

✓ Çözüm — Soru 24

sınav cevabı

1. **(a)** exp(−0,3) = **0,74** → %74.
2. **(b)** 60°: 1/cos = 2 → exp(−0,6) = **%55** · 80°: 5,76 → exp(−1,73) = **%18**.
3. **(c)** Uzun yolda mavi (kısa λ) daha çok saçılıp yoldan çıkar; kırmızı kalır.
4. **Bağ:** τ = (σ$_s$ + σ$_a$) n L → L büyüyünce τ büyür.

⚠️ **Sık hata:** cos yerine sin; θ'yı yükseklik açısı sanmak.

Sınavda yaz: "Beer kuralında L yerine L / cos θ."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** θ = 60° → yol 2 kat → τ 2 kat; alçak güneş az ve kırmızı ışık verir.

🎯 S25 · PUSLU TABAKA

tanım

Soru: 1,5 km kalınlıkta pus: $K = 0{,}3\ km^{-1}$, $\omega = 0{,}85$; güneş tepede.

- (a) τ ve doğrudan geçen pay?
- (b) Zayıflayanın kaçı saçıldı, kaçı soğruldu?
- (c) Yüzeye ve havaya etkisi?

web'de çöz

$\tau = K\,L$ · saçılan $= \omega\,(1 - \exp(-\tau))$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** ω, saçılma ile soğurmayı ayırır: soğurulan pay havayı ısıtır.

📋 Ne istiyor? — Soru 25

formül

Ne istiyor? 1,5 km'lik pusta τ ve doğrudan geçen pay, zayıflayanın ne kadarının saçıldığı ve soğrulduğu, yüzeye ve havaya etkisi.

Soru tipi: Hesap · pus tabakası (τ ve ω)

diyagram

- *single scattering albedo* → tek saçılma albedosu · ω = saçılan / zayıflayan
- *optical depth* → optik derinlik · τ = K L

💎 **ÖZ:** Hesap · pus tabakası (τ ve ω)

📋 Verilenler — Soru 25

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«1,5 km kalınlıkta»* → Yol uzunluğu. → **L = 1,5 km**
- *«K = 0,3 km^{-1}»* → Sönüm katsayısı. → **K = 0,3 km^{-1}**
- *«ω = 0,85»* → Tek saçılma albedosu. → **ω = 0,85**
- *«güneş tepede»* → Yol dik; çarpan 1. → **koşul**
- *«kaçı saçıldı, kaçı soğruldu?»* → Payların ayrımı istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 25 (1/2)

Beer kuralı ve optik derinlik — (a) geçen payı soruyor; önce τ = K L, sonra Beer kuralı.

terimler

türetim

$$I = I_0\, e^{-\tau} \qquad \tau = K\, L$$

τ: optik derinlik · K: yok olma katsayısı, km^{-1} · L: yol, km

---

💎 **ÖZ:** Beer kuralı ve optik derinlik

📋 Hangi formül? — Soru 25 (2/2)

Tek saçılma albedosu — (b) zayıflayanı saçılan ve soğrulan diye ayırmayı istiyor; ayıran ω.

$$\omega = \frac{\sigma_s}{\sigma_s + \sigma_a}$$

ω: saçılan pay (0,85) · σ_s: saçılma kesiti · σ_a: soğurma kesiti

---

💎 **ÖZ:** Tek saçılma albedosu

📋 Adım adım — Soru 25 (1–2)

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

1. **(a)** τ — K'yi L ile çarp, exp(−τ) al. → **τ = 0,45 · %64 geçer**
2. **(b) ayır** — Zayıflayanı ω ve 1 − ω ile böl. → **saçılan 0,31 · soğrulan 0,05**

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. **(c) etki** — Saçılmayı yüzeye, soğurmayı havaya bağla. → **yüzey soğur · tabaka ısınır**


3. adım

4. **ω = 0,85** — ω değerinden bileşimi tahmin et. → **is içeren pus**


4. adım

⚠️ **Tuzak:** Saçılan ışığı tamamen kaybolmuş saymak; bir kısmı yere yaygın ışık olarak iner.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) τ → (b) ayır → (c) etki → ω = 0,85

✓ Çözüm — Soru 25

sınav cevabı

1. **(a)** τ = 0,3 × 1,5 = **0,45** → exp(−0,45) = **0,64** (%64 geçer).
2. **(b)** zayıflayan 0,36 → saçılan 0,85 × 0,36 = **0,31** · soğrulan 0,15 × 0,36 = **0,05**.
3. **(c)** Yüzey daha az güneş alır → **soğur** · soğurulan pay tabakayı **ısıtır** → inversiyon güçlenir [EK].
4. **ω = 0,85** → is içeren pus; saf sülfatta ω ≈ 1.

⚠️ **Sık hata:** saçılan ışığı tamamen kaybolmuş saymak; bir kısmı yere yaygın ışık olarak iner.

Sınavda yaz: "Saçılma → yüzey soğur; soğurma → atmosfer ısınır."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** τ = 0,45 → %64 geçer; %31 saçılır, %5 soğrulur.

📌 GB B3 TERİMLERİ (1/2)

- **aerosol** (n) aerosol — *Aerosols are suspended particles.*
- **primary aerosol** (n) birincil aerosol — *Sea salt is a primary aerosol.*
- **secondary aerosol** (n) ikincil aerosol — *Sulfate forms from SO_2.*
- **accumulation mode** (n) birikme modu — *It controls visibility.*
- **coarse particles** (n) iri parçacıklar — *Dust settles quickly.*
- **scatter** (v) saçmak — *Sulfate scatters sunlight.*

💎 **ÖZ:** primary = doğrudan · secondary = gazdan · accumulation = ışık · coarse = kütle.

📌 GB B3 TERİMLERİ (2/2)

- **cloud condensation nuclei** (n) bulut yoğuşma çekirdekleri — *More CCN, smaller drops.*
- **optical depth** (n) optik derinlik — *At τ = 1, 37% passes.*
- **visibility** (n) görüş mesafesi — *Haze reduces visibility.*

Kalıp cümle:

Parçacık ne kadar küçükse akciğere o kadar derine iner.

The smaller the particle, **the deeper** it goes into the lungs.

💎 **ÖZ:** "The ...-er ..., the ...-er ..." — iki büyüklüğün birlikte değiştiğini anlatır.

BÖLÜM 4 · ASİT YAĞMURU · PİNATUBO · ENSO

📌 BU BÖLÜMDE

- Asit yağmuru: zincir, pH, temiz yağmurun 5,6'sı, tampon
- Pinatubo 1991: sülfat perdesi, soğuma, ozon kaybı
- PSC: heterojen tepkime
- ENSO: normal · El Niño · La Niña
- Sorular: **S26–S35**

💎 **ÖZ:** SO_2 yerde asit yağmuru, stratosferde soğutan sülfat perdesi olur.

📖 4.1 KONU ÖZÜ — ASİT YAĞMURU

Ne? S ve N oksitleri suyla asit olur, yağışla iner → yağışın pH'ı düşer.

Nerede? Kömür/petrol yakan sanayi, trafik; rüzgâr yönündeki bölgeler (sınır aşar).

Sınavda yaz:

- Birincil: SO_2, NO · ikincil: H_2SO_4, HNO_3
- Temiz yağmur pH ≈ 5,6 (CO_2) · asit yağmuru ≈ 4–4,4
- Etki: toprak, orman, göl, mermer, beton, boya

💎 **ÖZ:** "Asit yağmaz"; yağışın pH'ı düşer.

📖 4.2 TEPKİME KARTI — ZİNCİR

$$\mathrm{SO_2 + OH + M \rightarrow HSO_3 + M}$$
$$\mathrm{HSO_3 + O_2 \rightarrow SO_3 + HO_2}$$
$$\mathrm{SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4}$$
$$\mathrm{NO_2 + OH + M \rightarrow HNO_3 + M}$$

Terimler — tek tek:

- OH: hidroksil radikali, havanın "deterjanı"
- M: çarpışan üçüncü cisim (N_2, O_2), fazla enerjiyi alır
- $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+$ · $HNO_3 \rightarrow 1H^+$ (tam ayrışır)

💎 **ÖZ:** Zincir hep OH ile başlar; ürün suda çözünür asittir.

🧮 4.3 FORMÜL KARTI — pH

$$\mathrm{pH} = -\log_{10}[\mathrm{H}^{+}]$$

Terimler — tek tek:

- $[H^+]$: hidrojen iyonu derişimi (mol/L)
- 7 nötr · < 7 asidik · > 7 bazik
- 1 birim düşüş = 10 kat daha asidik

💎 **ÖZ:** pH'ta $\log_{10}$, ΔF'de ln — karıştırma.

🎯 S26 · NEDEN 5,6? [EK]

tanım

Soru: $[H^+] = \sqrt{(K_h \cdot K_1 \cdot p)} \cdot K_h = 3{,}4\times10^{-2}$ mol/(L·atm) · $K_1 = 4{,}3\times10^{-7}$ mol/L.

- (a) CO_2 = 420 ppm → pH?
- (b) 280 ppm (sanayi öncesi) → pH?

web'de çöz

$p(CO_2)$ (atm) = ppm × 10^{-6}

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Yağmur hiç kirlenmese de CO_2 yüzünden hafif asidiktir.

📋 Ne istiyor? — Soru 26

formül

Ne istiyor? CO_2 = 420 ppm ve 280 ppm iken yalnız CO_2 çözünmesiyle yağmurun pH'ı.

Soru tipi: Hesap · temiz yağmurun pH'ı

animasyon

- *pH of unpolluted rain* → kirlenmemiş yağmurun pH'ı · ≈ 5,6 (CO_2 + H_2O)
- *Henry's law constant* → Henry sabiti · çözünen = K_h · p

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- «K_h = 3,4×10⁻² mol/(L·atm)» → Henry sabiti. → **K_h = 3,4×10⁻²**
- «K_1 = 4,3×10⁻⁷ mol/L» → Birinci ayrışma sabiti. → **K_1 = 4,3×10⁻⁷**
- «CO_2 = 420 ppm» → Kısmi basınç p = 4,2×10⁻⁴ atm. → **p = 4,2×10⁻⁴ atm**
- «280 ppm» → Sanayi öncesi kısmi basınç. → **p = 2,8×10⁻⁴ atm**

- *«pH?»* → pH istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · temiz yağmurun pH'ı

📋 Hangi formül? — Soru 26

Temiz yağmurda [H⁺] — Soru yalnız CO_2 ile pH'ı soruyor; çözünme ve ilk ayrışma dengesi [H⁺]'yı verir.

terimler

türetim

$$[\mathrm{H^+}] = \sqrt{K_H\, K_1\, p_{\mathrm{CO_2}}} \qquad \mathrm{pH} = -\log_{10}[\mathrm{H^+}]$$

K_h: Henry sabiti · K_1: H_2CO_3 ilk ayrışma sabiti · p: CO_2 kısmi basıncı, atm

---

💎 **ÖZ:** Formül: Temiz yağmurda [H⁺]

📋 Adım adım — Soru 26 (1–2)

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

1. **zincir** — Çözünme ve ayrışmayı yaz, $[H^+]^2$ ifadesini kur. → **$[H^+] = \sqrt{(K_h\ K_1\ p)}$**
2. **(a) 420** — p = 4,2×10^{-4} atm koy, karekök al, –log$_{10}$ al. → **pH = 5,61**

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) 28𝟘** — Aynı hesabı p = 2,8×10^{-4} atm ile yap. → **pH = 5,69**


3. adım

4. **sonuç** — 5,6'yı eşik olarak yorumla. → **eşik pH ≈ 5,6**


4. adım

⚠️ **Tuzak:** «Temiz yağmurun pH'ı 7» demek; CO_2 yüzünden ≈ 5,6'dır.

💎 **ÖZ:** Plan: zincir → (a) 42𝟘 → (b) 28𝟘 → sonuç

✓ Çözüm — Soru 26

sınav cevabı

1. **Zincir:** $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \rightarrow [H^+] = [HCO_3^-] \rightarrow [H^+]^2 = K_h\, K_1\, p$.
2. **(a)** $p = 4{,}2\times10^{-4}$ atm $\rightarrow [H^+] = \sqrt{(3{,}4\times10^{-2} \times 4{,}3\times10^{-7} \times 4{,}2\times10^{-4})} = \mathbf{2{,}5\times10^{-6}} \rightarrow$ pH = **5,61**.
3. **(b)** 280 ppm → pH = **5,69** → CO_2 artışı yağmuru çok az asitleştirir.
4. **Sonuç:** 5,6 temiz eşik; daha düşük pH SO_2 ve NOx'tan gelir.

⚠️ **Sık hata:** "temiz yağmurun pH'ı 7" demek.

Sınavda yaz: "Temiz yağmur karbonik asitle pH ≈ 5,6; asit yağmuru < 5,6."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** CO_2 tek başına pH'ı 5,6'ya çeker; altı kirlilik işareti.

🎯 S27 · İKİ ASİT BİRDEN

tanım

Soru: Yağmur suyunda 3×10^{-5} mol/L HNO_3 ve 1×10^{-5} mol/L H_2SO_4 var (tam ayrışır; CO_2'yi ihmal et).

- (a) $[H^+]$ ve pH?
- (b) Temiz yağmura (5,6) göre kaç kat asidik?

web'de çöz

H_2SO_4 kaç H^+ verir?

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** pH sorusunda önce H^+'ları say, sonra logaritma al.

📋 Ne istiyor? — Soru 27

formül

Ne istiyor? 3×10^{-5} M HNO_3 ve 1×10^{-5} M H_2SO_4 içeren yağmurun $[H^+]$ ve pH'ı, temiz yağmura göre kaç kat asidik olduğu.

Soru tipi: Hesap · iki asitli yağmurun pH'ı

animasyon

- *fully dissociated (strong acid)* → tam ayrışan (kuvvetli asit) · $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+$, $HNO_3 \rightarrow 1H^+$
- *times more acidic* → kaç kat daha asidik · 10 üzeri ΔpH

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«3×10⁻⁵ mol/L HNO_3»* → Her HNO_3 1 H^+ verir. → **$[H^+] = 3\times10^{-5}$ mol/L**
- *«1×10⁻⁵ mol/L H_2SO_4»* → Her H_2SO_4 2 H^+ verir. → **$[H^+] = 2\times10^{-5}$ mol/L**
- *«tam ayrışır»* → Tüm H^+ çözeltiye geçer. → **koşul**
- *«Temiz yağmura (5,6)»* → Kıyas pH'ı. → **koşul = 5,6**

- *«kaç kat asidik?»* → 10^(ΔpH) istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · iki asitli yağmurun pH'ı

📋 Hangi formül? — Soru 27

pH — Soru pH istiyor; önce toplam H^+ bulunur, sonra on tabanlı logaritması alınır.

terimler

türetim

$$\mathrm{pH} = -\log_{10}[\mathrm{H}^+]$$

[H^+]: hidrojen iyonu derişimi, mol/L · $\log_{10}$: on tabanlı logaritma (ln değil)

💎 **ÖZ:** Formül: pH

📋 Adım adım — Soru 27 (1–2)

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

1. **say** — Her asidin kaç H^+ verdiğini yaz. → **1 ve 2 H^+**
2. **(a) pH** — H^+'ları topla, $-\log_{10}$ al. → **$[H^+] = 5\times10^{-5}$ · pH = 4,30**

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. **(b) kat** — pH farkını 10'un üssüne koy. → **≈ 20 kat asidik**

3. adım

4. **pay** — H^+'nın kaynaklara göre payını bul. → **%60 HNO_3 · %40 H_2SO_4**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** H_2SO_4'ü tek H^+ saymak; o zaman pH 4,40 çıkar (yanlış).

💎 **ÖZ:** Plan: say → (a) pH → (b) kat → pay

✓ Çözüm — Soru 27

sınav cevabı

1. **Say:** $HNO_3 \rightarrow 1\ H^+ \cdot H_2SO_4 \rightarrow$ **2 H^+**.
2. **(a)** $[H^+] = 3\times10^{-5} + 2 \times 10^{-5} =$ **5×10^{-5} mol/L** → pH $= -\log_{10}(5\times10^{-5}) =$ **4,30**.
3. **(b)** 10 üzeri (5,6 − 4,3) = 10 üzeri 1,3 ≈ **20 kat** daha çok H^+.
4. **Pay:** H^+'nın %60'ı HNO_3 (trafik), %40'ı H_2SO_4 (kömür).

⚠️ **Sık hata:** H_2SO_4'ü tek H^+ saymak → pH 4,40 (yanlış).

Sınavda yaz: "pH = $-\log_{10}[H^+]$; 1 birim = 10 kat."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** H_2SO_4 çift H^+ verir; pH 4,3 temiz yağmurdan 20 kat asidik.

🎯 S28 · SANTRALDEN ASİDE

tanım web'de çöz

Soru: Santral günde 1000 t kömür yakıyor; kömürde %2 kükürt var.

- (a) Günde kaç t SO_2?
- (b) Tamamı H_2SO_4 olursa kaç t?
- (c) Tamamını $(NH_4)_2SO_4$'e çevirmek için kaç t NH_3?

mol S → her üründe 1 S

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Kütle değil kükürt atomu korunur: hesap S molüyle yürür.

📋 Ne istiyor? — Soru 28

formül

Ne istiyor? Günde 1000 t, %2 kükürtlü kömürden kaç t SO_2 ve H_2SO_4 çıktığı, bunu nötrlemek için kaç t NH_3 gerektiği.

Soru tipi: Hesap · stokiyometri (kömürden aside)

animasyon

- *sulfur content* → kükürt içeriği · kütle × %S = S kütlesi
- *mole balance* → mol dengesi · her üründe 1 S atomu

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«günde 1000 t kömür»* → Yakılan kömür kütlesi. → **m(S) = 1000 t × 0,02**
- *«%2 kükürt»* → Kükürt payı. → **m(S) = 20 t**
- *«Günde kaç t SO_2?»* → SO_2 kütlesi istenir. → **istenen**

- *«$(NH_4)_2SO_4$'e çevirmek için»* → Her H_2SO_4 için 2 NH_3. → **X = NH_3 (×2)**

💎 **ÖZ:** Hesap · stokiyometri (kömürden aside)

📋 Hangi formül? — Soru 28

Mol köprüsü (S korunur) — Soru kükürtten başka ürünlere geçiyor; S atomu korunur, hesap S molüyle yürür.

terimler

türetim

$$m_X = \frac{m_S}{M_S}\, M_X$$

m(S): kükürt kütlesi, g · M(S): 32,06 g/mol · M(X): ürünün mol kütlesi · X: SO_2, H_2SO_4 ya da $(NH_4)_2SO_4$

💎 **ÖZ:** Formül: Mol köprüsü (S korunur)

📋 Adım adım — Soru 28 (1–2)

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

1. **S molü** — Kükürt kütlesini bul, 32,06'ya böl. → **$6{,}24\times10^{5}$ mol S**
2. **(a) SO_2** — S molünü 64,06 g ile çarp. → **40 t SO_2/gün**

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. **(b) H_2SO_4** — S molünü 98,08 g ile çarp. → **61 t H_2SO_4/gün**

3. adım

4. **(c) NH_3** — Tepkimeye göre 2 mol NH_3 al, 17,03 g ile çarp. → **21 t NH_3/gün**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** «20 t S = 20 t SO_2» demek; oksijen eklenir, kütle 2 katına çıkar.

💎 **ÖZ:** Plan: S molü → (a) SO_2 → (b) H_2SO_4 → (c) NH_3

✓ Çözüm — Soru 28

sınav cevabı

1. **S:** 1000 × 0,02 = 20 t → 20×10⁶ g / 32,06 = **6,24×10⁵ mol S**.
2. **(a)** × 64,06 g → **40 t SO_2/gün**.
3. **(b)** × 98,08 g → **61 t H_2SO_4/gün**.
4. **(c)** $H_2SO_4 + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$ → 2 × 6,24×10⁵ × 17,03 g = **21 t NH_3/gün**.
5. **Neden önemli?** Amonyum sülfat, ince aerosolün ana bileşeni.

⚠️ **Sık hata:** "20 t S = 20 t SO_2" demek (oksijen eklenir: 2 kat).

Sınavda yaz: $S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$.

adım adım

💎 **ÖZ:** 20 t S → 40 t SO_2 → 61 t H_2SO_4; nötrlemek için 21 t NH_3.

🎯 S29 · MERMER ve GÖL

tanım

Soru:

- (a) Asit yağmuru mermeri ($CaCO_3$) nasıl aşındırır?
- (b) 1 kg H_2SO_4 kaç kg $CaCO_3$ çözer?
- (c) Kireçtaşındaki göl granittekinden neden az asitlenir?

web'de çöz

$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow ?$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Karbonat asidi nötrler: heykel için kayıp, göl için kalkan.

📋 Ne istiyor? — Soru 29

formül

Ne istiyor? Asit yağmurunun mermeri nasıl aşındırdığı, 1 kg H_2SO_4'ün kaç kg $CaCO_3$ çözdüğü ve kireçtaşındaki gölün neden az asitlendiği.

Soru tipi: Tepkime + hesap · mermer ve göl

animasyon

- *buffering capacity* → tampon kapasitesi · karbonat H^+'yı nötrler
- *weathering of marble* → mermerin aşınması · $CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4$

💎 **ÖZ:** Tepkime + hesap · mermer ve göl

📋 Verilenler — Soru 29

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«mermeri ($CaCO_3$)»* → Tepkimeye giren karbonat. → **$CaCO_3$**
- *«1 kg H_2SO_4»* → Asit miktarı. → **H_2SO_4 = 1 kg**
- *«kaç kg $CaCO_3$ çözer?»* → Çözülen kütle istenir. → **istenen**
- *«Kireçtaşındaki göl granittekinden»* → Tampon kapasitesi kıyası. → **koşul**

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

📋 Hangi formül? — Soru 29

Mermerin asitle tepkimesi — Soru aşınmayı ve kütle oranını istiyor; 1 : 1 tepkime ikisini de verir.

terimler

türetim

$$\mathrm{CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2}$$

$CaCO_3$: mermer, 100,09 g/mol · H_2SO_4: sülfürik asit, 98,08 g/mol · $CaSO_4$: alçı; yağmurla yıkanır

---

💎 **ÖZ:** Formül: Mermerin asitle tepkimesi

📋 Adım adım — Soru 29

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

1. **(a) aşınma** — Tepkimeyi yaz, ürünün ne olduğunu söyle. → **kabartma silinir**
2. **(b) kütle** — Mol oranı 1 : 1; mol kütlelerini oranla. → **1,02 kg $CaCO_3$ (+0,45 kg CO_2)**
3. **(c) tampon** — Kireçtaşı ile graniti tampon açısından kıyasla. → **kireçtaşı = tampon**

1. adım

2. adım

3. adım

⚠️ **Tuzak:** Ürünü $CaSO_3$ yazmak; sülfürik asitten sülfat ($CaSO_4$) çıkar.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) aşınma → (b) kütle → (c) tampon

✓ Çözüm — Soru 29

sınav cevabı

1. **(a)** $CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2 \rightarrow$ yüzeyde alçı ($CaSO_4$) oluşur, yağmurla yıkanır → kabartma silinir.
2. **(b)** 1 mol : 1 mol → 100,09 / 98,08 = **1,02 kg $CaCO_3$** (+ 0,45 kg CO_2 çıkar).
3. **(c)** Kireçtaşı **tampon**: gelen H^+'yı karbonat nötrler · granit tamponlamaz → pH düşer [EK].

⚠️ **Sık hata:** ürünü $CaSO_3$ yazmak (sülfürik asit → sülfat).

Sınavda yaz: "Etki, alıcı ortamın tampon kapasitesine bağlıdır."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** 1 kg asit ≈ 1 kg mermer götürür; kireçtaşı göl için tampondur.

📖 4.4 KONU ÖZÜ — PİNATUBO

Ne? Filipinler, 1991, VEI 6; ~17 Mt SO_2 stratosfere (20–25 km).

Nerede? Stratosfer → küresel etki.

Sınavda yaz:

- SO_2 + OH → … → H_2SO_4 → **sülfat aerosolü**
- Yüzey **–0,4…–0,6 °C** (1992–93) · stratosfer **+2 °C**
- O_3 **–%5–10** (yüksek enlem) · aerosol **2–3 yıl** kaldı
- Muson %10–20 zayıf · NAO negatif · "doğal deney"

💎 **ÖZ:** 17 Mt SO_2 → sülfat perdesi → ~0,5 °C soğuma + ozon incelmesi.

🎯 S30 · ÜST ISINDI, ALT SOĞUDU

tanım

Soru: Pinatubo'dan sonra stratosfer ~2 °C ısındı, yüzey ~0,5 °C soğudu. İkisini de sülfat aerosolüyle açıkla. Bu etki neden yıllarca sürdü?

web'de çöz

Yansıtma + soğurma + ömür

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Aynı perde: bulunduğu katmanı ısıtır, altını gölgeler.

📋 Ne istiyor? — Soru 30

formül

Ne istiyor? Pinatubo sonrası stratosferin ısınmasını ve yüzeyin soğumasını sülfat aerosolüyle açıklamak; etkinin neden yıllarca sürdüğü.

Soru tipi: Yorum · Pinatubo: üst ısındı, alt soğudu

animasyon

- *stratospheric sulfate aerosol* → stratosferik sülfat aerosolü · yansıtır + soğurur
- *surface cooling* → yüzey soğuması · albedo ↑ → yere az güneş

💎 **ÖZ:** Yorum · Pinatubo: üst ısındı, alt soğudu

📋 Verilenler — Soru 30

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«stratosfer ~2 °C ısındı»* → Soğurma ile açıklanır. → **koşul**
- *«yüzey ~0,5 °C soğudu»* → Yansıtma ile açıklanır. → **koşul**
- *«neden yıllarca sürdü?»* → Kalış süresi istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 30

Kullanılacak bilgi: Stratosferik sülfat görünür ışığı yansıtır (yüzeyi soğutur), IR ve yakın-IR'ı soğurur (bulunduğu katmanı ısıtır).

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Stratosferik sülfat görünür ışığı yansıtır (yüzeyi soğutur),

📋 Adım adım — Soru 30 (1–2)

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

1. **yüzey** — Yansıtmayı yüzey soğumasına bağla. → **yüzey −0,5 °C**
2. **strato.** — Soğurmayı katmanın ısınmasına bağla. → **stratosfer +2 °C**

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. **süre** — Uzun kalışın nedenini yaz. → **2–3 yıl etki**
4. **sonra** — Dolaşıma etkisini ekle. → **dolaşım değişti**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** «Volkan CO_2 saldı, ısıttı» demek; kısa vadede SO_2 → sülfat → soğuma baskındır.

💎 **ÖZ:** Plan: yüzey → strato. → süre → sonra

✓ Çözüm — Soru 30

sınav cevabı

1. **Yüzey soğudu:** sülfat görünür ışığı **saçar/yansıtır** → albedo ↑ → yere daha az güneş.
2. **Stratosfer ısındı:** aerosol yerden gelen IR'yi ve güneşin yakın-IR'ını **soğurur** → katman ısınır [EK: bant].
3. **Uzun sürdü:** stratosferde yağış yok, hava kararlı → aerosol 2–3 yıl kaldı (S31).
4. **Sonra:** kutup–ekvator farkı değişti → jet akımı yön değiştirdi, polar girdap güçlendi (slayt 36).

⚠️ **Sık hata:** "volkan CO_2 saldı, ısıttı" demek; kısa vadede SO_2 → soğuma baskın.

Sınavda yaz: "Stratosferik sülfat: troposferi soğutur, stratosferi ısıtır (slayt 33)."

adım adım

💎 **ÖZ:** Yansıtma → yüzey −0,5 °C · soğurma → stratosfer +2 °C.

🎯 S31 · PERDE NE ZAMAN KALKAR?

tanım

Soru: 17 Mt SO_2 tümüyle H_2SO_4 oldu. Stratosferde $M = M_0 \exp(-t/\tau)$, $\tau = 1$ yıl [EK].

- (a) M_0 kaç Mt? (SO_2 64 → H_2SO_4 98)
- (b) 1, 2, 3 yıl sonra kalan?
- (c) %1'e inmesi kaç yıl?

web'de çöz

$M_0 = 17 \times 98/64$ · $M = M_0 \exp(-t)$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Her τ'da kalan miktar %37'ye iner (e-katlanma).

📋 Ne istiyor? — Soru 31

formül

Ne istiyor? 17 Mt SO_2'den oluşan H_2SO_4 kütlesi, 1, 2 ve 3 yıl sonra kalan miktar ve %1'e inme süresi (τ = 1 yıl).

Soru tipi: Hesap · üstel sönüm (Pinatubo)

animasyon

- *e-folding time* → e-katlanma süresi · t = τ'da %37 kalır
- *first-order loss* → birinci mertebe kayıp · $M = M_0 \exp(-t/\tau)$

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«17 Mt SO_2»* → Atılan SO_2. → **M_0 = 17 Mt × 98/64**
- *«τ = 1 yıl»* → Kalış süresi. → **τ = 1 yıl**
- *«1, 2, 3 yıl sonra»* → Zamanlar. → **t = 1, 2, 3 yıl**
- *«%1'e inmesi kaç yıl?»* → M/M_0 = 0,01 için t istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · üstel sönüm (Pinatubo)

📋 Hangi formül? — Soru 31

Üstel sönüm — Kayıp kalan miktarla orantılı (birinci mertebe); bu yüzden azalma üsteldir.

terimler

türetim

$$M = M_0\, e^{-t/\tau}$$

M_0: başlangıç kütlesi, Mt · t: geçen süre, yıl · τ: ömür, 1 yıl

---

💎 **ÖZ:** Formül: Üstel sönüm

📋 Adım adım — Soru 31 (1–2)

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

1. **(a) M_0** — 17 Mt'u 98,08/64,06 ile çarp. → **M_0 = 26 Mt H_2SO_4**
2. **(b) kalan** — t = 1, 2, 3 için M_0'ı exp(−t) ile çarp. → **9,6 · 3,5 · 1,3 Mt**

1. adım

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 31 (3–4)

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

3. **(c) %1** — exp(−t) = 0,01 eşitliğini logaritmayla çöz. → **≈ 4,6 yıl**
4. **uyum** — Sonucu gözlemle kıyasla. → **gözlemle uyumlu**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Doğrusal azalma sanmak («her yıl 8,7 Mt»); kayıp kalan miktarla orantılıdır.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) M_0 → (b) kalan → (c) %1 → uyum

✓ Çözüm — Soru 31

sınav cevabı

1. **(a)** $M_0 = 17 \times 98{,}08 / 64{,}06 =$ **26 Mt H_2SO_4.**
2. **(b)** 1 yıl: $26 \times e^{-1} =$ **9,6** · 2 yıl: **3,5** · 3 yıl: **1,3 Mt**.
3. **(c)** $\exp(-t) = 0{,}01 \rightarrow t = \ln 100 =$ **4,6 yıl**.
4. **Uyum:** etkinin çoğu 2–3 yılda geçer (slayt 41: aerosol 2–3 yıl izlendi).

⚠️ **Sık hata:** doğrusal azalma sanmak ("her yıl 8,7 Mt").

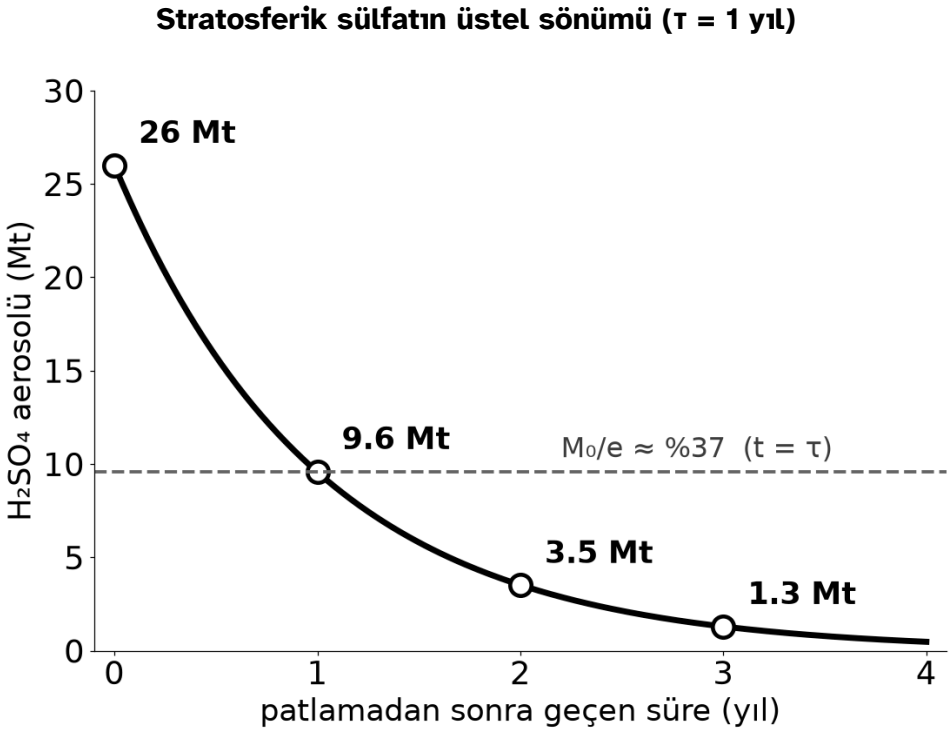
Sınavda yaz: "Birinci mertebe kayıp: $M = M_0 \exp(-t/\tau)$; t = τ'da %37 kalır."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** 26 Mt → 1 yılda 9,6 → 3 yılda 1,3 Mt.

✓ Çözüm — Soru 31 · ŞEKİLLE YORUM



- Eğri doğru değil, **üstel**: ilk yıl 16 Mt, ikinci yıl 6 Mt kaybolur.
- Kesikli çizgi M₀/e: t = τ anı.

💎 **ÖZ:** Kayıp miktarla orantılı → hızlı başlar, yavaşlayarak biter.

🎯 S32 · OZON: PSC ve PİNATUBO

tanım

Soru: Pinatubo sonrası yüksek enlemde O_3 %5–10 azaldı; Antarktika'da her ilkbahar delik açılıyor. İki olaydaki ortak mekanizma ne? Tepkimeleri yaz.

web'de çöz

Yüzey → klor aktif → ışık → Cl → O_3

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Ozonu bozan yüzeydir: PSC de volkan sülfatı da aynı işi görür.

📋 Ne istiyor? — Soru 32

formül

Ne istiyor? Pinatubo sonrası ozon kaybı ile Antarktika ozon deliğindeki ortak mekanizma ve tepkimeleri.

Soru tipi: Tepkime + yorum · PSC ve Pinatubo ozonu

animasyon

- *heterogeneous chlorine activation* → heterojen klor aktivasyonu · parçacık yüzeyinde Cl_2 oluşur
- *polar stratospheric clouds* → kutup stratosfer bulutları · < –78 °C, 15–20 km

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«yüksek enlemde O_3 %5–10 azaldı»* → Sülfat yüzeyindeki kayıp. → **koşul**
- *«Antarktika'da her ilkbahar»* → PSC + ilkbahar güneşi. → **hv**
- *«ortak mekanizma ne?»* → Heterojen kimya istenir. → **istenen**

- *«Tepkimeleri yaz.»* → Tepkime zinciri istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Tepkime + yorum · PSC ve Pinatubo ozonu

📋 Hangi formül? — Soru 32

Heterojen klor aktivasyonu — Soru ortak mekanizmanın tepkimelerini istiyor; zincir yüzeyde başlar, ışıkla sürer.

terimler

türetim

$$\mathrm{ClONO_2(g) + HCl(s) \rightarrow Cl_2(g) + HNO_3(s)}$$

$$\mathrm{Cl_2 + h\nu \rightarrow 2\,Cl}$$

$$\mathrm{Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2}$$

(g), (s): gaz, parçacık (yüzey) · hv: güneş ışığı (foton) · ClO: aktif klor; ozonu bozar

Kullanılacak bilgi: Ozonu bozan yüzeydir: PSC de volkan sülfatı da klor depolarını yüzeyde Cl_2'ye çevirir; ışık Cl_2'yi böler.

💎 **ÖZ:** Formül: Heterojen klor aktivasyonu

📋 Adım adım — Soru 32

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

1. **ortak** — Yüzeyde klor aktivasyonunu yaz. → **yüzey** → **Cl_2**
2. **PSC** — Kutup koşullarını ve ışığı ekle. → **ilkbaharda delik**
3. **Pinatubo** — Sülfat yüzeyinin rolünü yaz. → **zayıf ama yaygın kayıp**

1. adım

2. adım

3. adım

⚠️ **Tuzak:** «Volkan klor salıp ozonu deldi» demek; asıl rol parçacık yüzeyinindir.

💎 **ÖZ:** Plan: ortak → PSC → Pinatubo

✓ Çözüm — Soru 32

sınav cevabı

$$\mathrm{ClONO_2(g) + HCl(s) \rightarrow Cl_2(g) + HNO_3(s)}$$

$$\mathrm{Cl_2 + h\nu \rightarrow 2\,Cl}$$

$$\mathrm{Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2}$$

1. **Ortak:** zararsız klor deposu (HCl, $ClONO_2$) parçacık **yüzeyinde** Cl_2'ye döner (heterojen).
2. **PSC:** kutup kışı, < –78 °C, 15–20 km; ilkbahar güneşi Cl_2'yi böler → delik.
3. **Pinatubo:** sülfat yüzeyi her mevsim aynı işi görür → daha zayıf ama yaygın kayıp.

⚠️ **Sık hata:** "volkan klor salıp ozonu deldi" demek; asıl rol yüzeyin.

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Yüzey + ilkbahar ışığı = aktif klor = ozon kaybı (g: gaz, s: parçacık).

🎯 S33 · ETKİ ZİNCİRİ

tanım

Soru: Pinatubo'dan sonra Asya yaz musonu %10–20 zayıfladı (slayt 35). SO_2'den musona giden zinciri oklarla (→) kur; her okun nedenini yaz.

web'de çöz

SO_2 → … → muson

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Zincir sorusunda her ok bir fiziksel nedendir.

📋 Ne istiyor? — Soru 33

formül

Ne istiyor? SO_2'den Asya yaz musonunun %10–20 zayıflamasına giden zinciri oklarla kurmak ve her okun nedeni.

Soru tipi: Zincir · Pinatubo'dan musona

animasyon

- *aerosol-induced cooling* → aerosol kaynaklı soğuma · SST ↓ → buharlaşma ↓
- *monsoon weakening* → musonun zayıflaması · zincirin son halkası

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Asya yaz musonu %10–20 zayıfladı»* → Zincirin sonu. → **koşul**
- *«SO_2'den musona giden zinciri»* → Neden-sonuç zinciri istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Zincir · Pinatubo'dan musona

📋 Hangi formül? — Soru 33

Kullanılacak bilgi: Zincir sorusunda her ok bir fiziksel nedendir: aerosol soğutması → SST ↓ → buharlaşma ↓ → yağış ↓.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Zincir sorusunda her ok bir fiziksel nedendir: aerosol soğut

📋 Adım adım — Soru 33 (1–3)

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

1. **sülfat** — SO_2'nin aerosole dönüşmesini yaz. → **sülfat perdesi**
2. **soğuma** — Yansıtmayı soğumaya bağla. → **troposfer soğur**
3. **SST** — Deniz yüzeyini ve buharlaşmayı ekle. → **SST ↓ • buhar ↓**

1. adım

2. adım

3. adım

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

📋 Adım adım — Soru 33 (4–5)

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

4. **Hadley** — Tropikal yükselmeyi ekle. → **yükselme** ↓
5. **muson** — Son halkayı yaz. → **muson %10–20 zayıf**

4. adım

5. adım

⚠️ **Tuzak:** Ara halkaları (deniz sıcaklığı, buharlaşma) atlamak; her ok bir neden ister.

💎 **ÖZ:** Plan: sülfat → soğuma → SST → Hadley → muson

✓ Çözüm — Soru 33

sınav cevabı

1. SO_2 stratosfere → OH ile
   H_2SO_4 → sülfat aerosolü
2. → güneşi yansıtır → **yüzey ve troposfer soğur**
3. → **deniz yüzeyi sıcaklığı ↓ → buharlaşma ↓**
4. → tropikal yükselme zayıflar (
   Hadley hücresi zayıf)
5. → **muson ve tropikal yağış ↓** (Güneydoğu Asya, Hint Okyanusu, Sahel)

⚠️ **Sık hata:** ara halkayı (deniz sıcaklığı, buharlaşma) atlamak.

Sınavda yaz: "Aerosol soğutması → SST ↓ → buharlaşma ↓ → yağış ↓."

adım adım

💎 **ÖZ:** Soğuma → buharlaşma azalır → yağış azalır → muson zayıflar.

📖 4.5 KONU ÖZÜ — ENSO

Ne? El Niño: doğu–orta tropikal Pasifik normalden sıcak · Güney Salınımı: eşlik eden basınç farkı değişimi → ENSO.

Nerede? Tropikal Pasifik; etkisi küresel.

Sınavda yaz:

- Normal: ticaret rüzgârı doğudan batıya → sıcak su batıda, doğuda soğuk su yükselir.
- El Niño: rüzgâr zayıf → sıcak su doğuya → Peru sel, Endonezya kurak.
- La Niña: tersi · 2–7 yılda bir · 9–12 ay sürer.

💎 **ÖZ:** El Niño = rüzgâr zayıf + sıcak su doğuda + yağış doğuya kayar.

🎯 S34 · ÜÇ DURUM

tanım

Soru: Normal, El Niño ve La Niña için karşılaştır: ticaret rüzgârı · doğu Pasifik deniz sıcaklığı · Peru yağışı · Endonezya yağışı.

web'de çöz

3 durum × 4 özellik

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Önce "normal"i kur; El Niño ve La Niña ondan sapmadır.

📋 Ne istiyor? — Soru 34

formül

Ne istiyor? Normal, El Niño ve La Niña'yı ticaret rüzgârı, doğu Pasifik deniz sıcaklığı, Peru ve Endonezya yağışıyla karşılaştırmak.

Soru tipi: Karşılaştırma · ENSO'nun üç durumu

animasyon

- *El Niño / La Niña* → El Niño / La Niña · doğu Pasifik sıcak / soğuk
- *the trade winds weaken* → ticaret rüzgârları zayıflar · El Niño'nun işareti

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«Normal, El Niño ve La Niña»* → Üç faz. → **koşul**
- *«ticaret rüzgârı»* → Kıyas ölçütü. → **istenen**
- *«doğu Pasifik deniz sıcaklığı»* → Kıyas ölçütü. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Karşılaştırma · ENSO'nun üç durumu

📋 Hangi formül? — Soru 34

Kullanılacak bilgi: Önce normali kur: rüzgâr doğudan batıya, sıcak su batıda. El Niño'da her şey doğuya kayar; La Niña normalin abartısıdır.

terimler

💎 **ÖZ:** Formül: Önce normali kur: rüzgâr doğudan batıya, sıcak su batıda. El

📋 Adım adım — Soru 34 (1–2)

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

1. **normal** — Normal durumu dört özellikle yaz. → **sıcak su batıda**
2. **El Niño** — Normalden sapmayı yaz. → **her şey doğuya kayar**

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. **La Niña** — Ters yöndeki sapmayı yaz. → **normalin abartısı**
4. **bağ** — Pinatubo ile bağlantıyı ekle. → **volkan ↔ ENSO**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** El Niño'yu «doğu Pasifik soğuması» sanmak; o La Niña'dır.

💎 **ÖZ:** Plan: normal → El Niño → La Niña → bağ

✓ Çözüm — Soru 34

sınav cevabı

- **Normal:** rüzgâr güçlü · doğu soğuk · Peru kuru · Endonezya yağışlı
- **El Niño:** rüzgâr zayıf (bazen ters) · doğu **sıcak** · Peru **sel** · Endonezya **kurak**
- **La Niña:** rüzgâr daha güçlü · doğu daha soğuk · Peru daha kuru · Endonezya daha yağışlı
- **Bağ:** 1992–93'te zayıf, "volkan kaynaklı" El Niño benzeri durum (slayt 37).

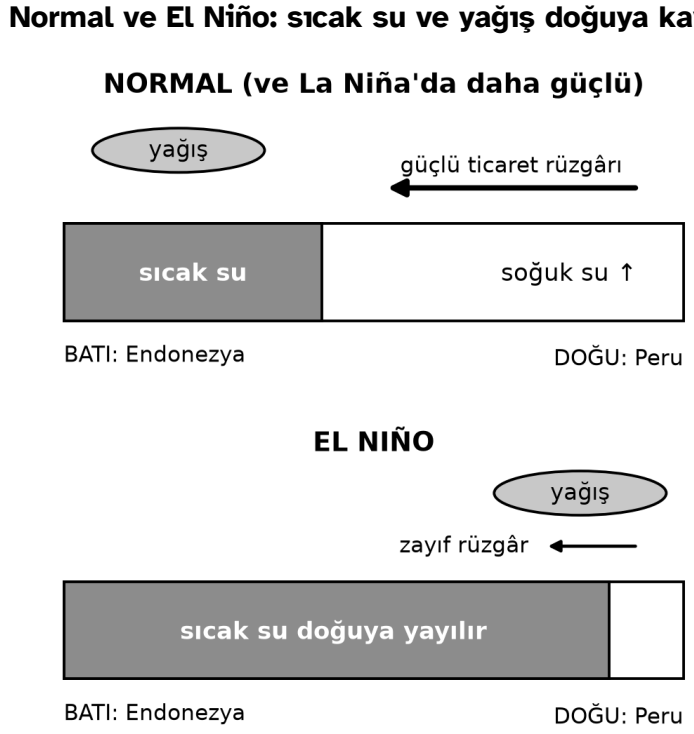
⚠️ **Sık hata:** El Niño'yu "doğu Pasifik soğuması" sanmak (o La Niña).

Sınavda yaz: "ENSO = okyanus sıcaklık artışı + atmosfer basınç değişimi."

adım adım

💎 **ÖZ:** El Niño'da her şey doğuya kayar: sıcak su, bulut, yağış.

✓ Çözüm — Soru 34 · ŞEKİLLE YORUM



- Normalde gri (sıcak) su batıda yığılır; El Niño'da doğuya yayılır.

💎 **ÖZ:** Şekli sınavda 20 saniyede çiz: kutu, ok, bulut.

🎯 S35 · BASINÇ FARKI

tanım

Soru: Tahiti (doğu) – Darwin (batı) basınç farkı normalde pozitif. Bir yıl ortalama fark –3 hPa ölçüldü.

- (a) Hangi faz?
- (b) Ticaret rüzgârı ve yağış nasıl?
- (c) Peru balıkçılığı neden etkilenir? [EK]

web'de çöz

Fark ↓ → rüzgâr ↓

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Basınç farkı rüzgârın motorudur.

📋 Ne istiyor? — Soru 35

formül

Ne istiyor? Tahiti – Darwin basınç farkı –3 hPa iken ENSO fazı, ticaret rüzgârı ve yağış, Peru balıkçılığının neden etkilendiği.

Soru tipi: Yorum · Güney Salınımı basınç farkı

animasyon

- *Southern Oscillation Index* → Güney Salınımı indeksi · Tahiti – Darwin; negatif → El Niño
- *pressure gradient* → basınç gradyanı · fark ↓ → rüzgâr ↓

💎 **ÖZ:** Yorum · Güney Salınımı basınç farkı

📋 Verilenler — Soru 35

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«normalde pozitif»* → Normal fazda Tahiti basıncı yüksek. → **koşul**
- *«fark –3 hPa ölçüldü»* → Gradyan ters döndü. → **koşul = –3 hPa**
- *«Hangi faz?»* → Faz istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 35

Kullanılacak bilgi: Basınç farkı rüzgârın motorudur: fark azalırsa ticaret rüzgârı zayıflar, sıcak su doğuya kayar (El Niño).

terimler

💎 **ÖZ:** Formül: Basınç farkı rüzgârın motorudur: fark azalırsa ticaret rüzgâ

📋 Adım adım — Soru 35

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

1. **(a) faz** — Farkın işaretini oku. → **El Niño**
2. **(b) rüzgâr** — Gradyanı rüzgâra, rüzgârı yağışa bağla. → **Peru yağışlı, Endonezya kurak**
3. **(c) balık** — Soğuk su yükselimini balığa bağla. → **balık azalır**

1. adım

2. adım

3. adım

⚠️ **Tuzak:** Farkın işaretini ters okumak; negatif fark El Niño demektir.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) faz → (b) rüzgâr → (c) balık

✓ Çözüm — Soru 35

sınav cevabı

1. **(a)** Fark negatif → Güney Salınımı negatif → **El Niño** (slayt 39: "basınç farkı azalır").
2. **(b)** Gradyan ↓ → **ticaret rüzgârı zayıf** → sıcak su doğuya → yağış Peru'ya; Endonezya–Avustralya kurak.
3. **(c)** Normalde soğuk, besince zengin su yükselir → balık bol; El Niño'da sıcak yüzey suyu bunu bastırır → balık azalır [EK].

⚠️ **Sık hata:** farkın işaretini ters okumak.

Sınavda yaz: "El Niño'da doğu–batı basınç farkı azalır, ticaret rüzgârları zayıflar."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Negatif fark → El Niño → Peru yağışlı, Endonezya kurak.

📌 GB B4 TERİMLERİ (1/2)

- **acid rain** (n) asit yağmuru — *Acid rain has a pH below 5.6.*
- **buffer** (v) tamponlamak — *Limestone buffers the lake.*
- **sulfate aerosol** (n) sülfat aerosolü — *It reflects sunlight.*
- **volcanic eruption** (n) volkan patlaması — *Pinatubo erupted in 1991.*
- **heterogeneous reaction** (n) heterojen tepkime — *It occurs on particle surfaces.*
- **cooling** (n) soğuma — *The cooling was about 0.5 °C.*

💎 **ÖZ:** acid rain → buffer · sulfate aerosol → cooling.

📌 GB B4 TERİMLERİ (2/2)

- **trade winds** (n) ticaret rüzgârları — *They blow from east to west.*
- **upwelling** (n) soğuk su yükselimi — *Upwelling brings nutrients.*
- **weaken** (v) zayıflamak — *The monsoon weakened.*

Kalıp cümle:

Ticaret rüzgârları zayıflarsa sıcak su doğuya yayılır.

If the trade winds **weaken**, warm water **spreads** eastward.

💎 **ÖZ:** "If X ..., Y ..." — neden-sonuç zincirinin en kısa kalıbı.

BÖLÜM 5 · ÖMÜR · KUTU MODELİ · KİNETİK [EK]

📌 BU BÖLÜMDE [EK]

- Ders kitabı konusu (Jacob: basit modeller, kinetik); konu anlatımında işlenirse hazır ol.
- Ömür = yük / kayıp · kutu modeli · denge
- Hız sabiti, Arrhenius, fotoliz ömrü
- İyi karışmış ↔ değişken gazlar (3. dosya) neden öyle?
- Sorular: **S36–S40**

💎 **ÖZ:** Ömür kısa → yerel, değişken · ömür uzun → küresel, iyi karışmış.

📖 5.1 KONU ÖZÜ — ÖMÜR ve KUTU

Ne? Kutu modeli: atmosferi (ya da şehri) tek kutu say; giren – çıkan = birikme hızı.

Nerede? Küresel gaz bütçesi (CH_4, CO_2) · şehir hava kirliliği.

Sınavda yaz:

- dM/dt = kaynak – kayıp
- Ömür τ = yük / kayıp hızı = 1/k (birinci mertebe)
- Denge (dM/dt = 0): yük = kaynak × τ
- Dengeden sapma ~τ sürede kapanır.

💎 **ÖZ:** τ uzun → gaz dünyayı dolaşacak kadar yaşar → iyi karışır.

🧮 5.2 FORMÜL KARTI — ÖMÜR

$$\tau = \frac{M}{L} = \frac{1}{k} \qquad M_{\text{denge}} = E\,\tau$$

Terimler — tek tek:

- M: yük (Tg) · L: kayıp hızı · E: kaynak (Tg/yıl)
- k: birinci mertebe kayıp sabiti (1/s, 1/yıl)
- τ: ömür = dengede kalış süresi

💎 **ÖZ:** Ömür = yük / akı · denge yükü = kaynak × ömür.

🧮 5.3 FORMÜL KARTI — HIZ SABİTİ

$$k(T) = A\,e^{-E_a/(R\,T)} \qquad \tau = \frac{1}{k\,[\mathrm{OH}]}$$

Terimler — tek tek:

- A: ön çarpan · E_a: aktivasyon enerjisi (J/mol)
- R = 8,314 J/(mol K) · T: kelvin
- [OH] ≈ 10^6 molekül/cm^3 (küresel ortalama)

💎 **ÖZ:** T ↑ → k ↑ → ömür ↓; OH havanın deterjanıdır.

🎯 S36 · METANIN ÖMRÜ

tanım web'de çöz

Soru: CH_4 yükü ≈ 5600 Tg (S4); dengede kaynak = kayıp ≈ 560 Tg/yıl.

- (a) Ömür?
- (b) Kaynak %10 artıp öyle kalırsa yeni denge yükü?
- (c) Yeni dengeye ne kadar sürede yaklaşılır?

τ = M / L · M(denge) = E τ

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Kutu modelinde üç sayı var: yük, akı, ömür; ikisi verilirse üçüncü bulunur.

📋 Ne istiyor? — Soru 36

formül

Ne istiyor? CH_4'ün ömrü, kaynak %10 artarsa yeni denge yükü ve yeni dengeye ne kadar sürede yaklaşıldığı.

Soru tipi: Hesap · ömür ve denge yükü (CH_4)

animasyon

- *lifetime at steady state* → dengede ömür · $\tau = M / L$
- *steady-state burden* → denge yükü · $M = E\,\tau$

💎 **ÖZ:** Hesap · ömür ve denge yükü (CH_4)

📋 Verilenler — Soru 36

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«CH_4 yükü ≈ 5600 Tg»* → Toplam yük. → **M = 5600 Tg**
- *«≈ 560 Tg/yıl»* → Dengede kayıp. → **L = 560 Tg/yıl**
- *«Kaynak %10 artıp»* → Yeni kaynak. → **E = 616 Tg/yıl**
- *«Ömür?»* → τ istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 36

Ömür ve denge yükü — Soru yük ve akıdan ömrü, sonra yeni kaynakla denge yükünü istiyor; kutu modeli bu ikisi.

terimler

türetim

$$\tau = \frac{M}{L} \qquad M_{\text{denge}} = E\,\tau$$

τ: ömür, yıl · M: yük, Tg · L: kayıp hızı, Tg/yıl · E: kaynak, Tg/yıl

---

💎 **ÖZ:** Formül: Ömür ve denge yükü

📋 Adım adım — Soru 36 (1–2)

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

1. **(a)** τ — Yükü kayıp hızına böl. → **τ = 10 yıl**
2. **(b) denge** — Yeni kaynağı ömürle çarp. → **M = 6160 Tg (+%10)**

1. adım

2. adım

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

📋 Adım adım — Soru 36 (3–4)

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

3. **(c) süre** — Farkın üstel kapandığını yaz. → **~10 yılda %63**


3. adım

4. **politika** — Sonucu politikaya bağla. → **CH_4: on yıl ölçeği**


4. adım

⚠️ **Tuzak:** Ters bölmek: 560 / 5600 = 0,1 yıl çıkar (yanlış).

💎 **ÖZ:** Plan: (a) τ → (b) denge → (c) süre → politika

✓ Çözüm — Soru 36

sınav cevabı

1. **(a)** τ = 5600 / 560 = **10 yıl**.
2. **(b)** E = 616 Tg/yıl → M = 616 × 10 = **6160 Tg** (+%10; 1,92 → 2,11 ppm).
3. **(c)** Fark üstel kapanır: τ = 10 yılda %63'ü, 20–30 yılda neredeyse tamamı.
4. **Politika:** CH_4 kesintisinin etkisi on yılda görülür; CO_2'de yüzyıllar [EK].

⚠️ **Sık hata:** ters bölmek (560/5600 = 0,1 yıl!).

Sınavda yaz: "Dengede yük = kaynak × ömür."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** CH_4 ≈ 10 yıl yaşar → dünyayı defalarca dolaşır → iyi karışmış.

🎯 S37 · CH_4 + OH: SICAKLIK

tanım

Soru: $k(T) = 2{,}45\times10^{-12}\ \exp(-1775/T)$ cm^3 $molekül^{-1}$ s^{-1} · $[OH] = 10^6$ cm^{-3}.

- (a) 298 K ve 272 K'de k?
- (b) İki sıcaklıkta CH_4'ün OH'ye karşı ömrü (yıl)?
- (c) S36'daki 10 yıla hangisi yakın? Neden?

web'de çöz

$\tau = 1/(k[OH])$ · 1 yıl = $3{,}16\times10^7$ s

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Arrhenius: soğukta tepkime yavaş, ömür uzun.

📋 Ne istiyor? — Soru 37

formül

Ne istiyor? 298 K ve 272 K'de CH_4 + OH hız sabiti, iki sıcaklıkta CH_4'ün OH'ye karşı ömrü ve hangisinin 10 yıla yakın olduğu.

Soru tipi: Hesap · Arrhenius ve OH ömrü

diyagram

- *rate constant (Arrhenius)* → hız sabiti (Arrhenius) · $k = A\exp(-E_a/RT)$
- *lifetime against OH* → OH'ye karşı ömür · $\tau = 1/(k[OH])$

💎 **ÖZ:** Hesap · Arrhenius ve OH ömrü

📋 Verilenler — Soru 37

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«k(T) = 2,45×10⁻¹² exp(−1775/T)»* → Arrhenius sabitleri. → **A = 2,45×10⁻¹²; E_a/R = 1775 K**
- *«[OH] = 10⁶ cm⁻³»* → OH derişimi. → **[OH] = 10⁶ cm⁻³**
- *«298 K ve 272 K'de k?»* → İki sıcaklık. → **T = 298 K, 272 K**
- *«ömrü (yıl)?»* → τ yıl cinsinden istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 37 (1/2)

Arrhenius hız sabiti — Hız sabiti sıcaklığın fonksiyonu olarak verilmiş; T'yi koyup k bulunur.

terimler

türetim

$$k(T) = A\,e^{-E_a/(R\,T)}$$

A: ön çarpan, $cm^3\ s^{-1}$ · E_a/R: 1775 K · T: sıcaklık, K

💎 **ÖZ:** Arrhenius hız sabiti

📋 Hangi formül? — Soru 37 (2/2)

OH'ye karşı ömür — Kayıp OH ile birinci mertebe gibi davranır; ömür kayıp hızının tersidir.

$$\tau = \frac{1}{k\,[\mathrm{OH}]}$$

τ: ömür, s · k: hız sabiti, $cm^3\ s^{-1}$ · [OH]: $10^6\ cm^{-3}$

💎 **ÖZ:** OH'ye karşı ömür

📋 Adım adım — Soru 37 (1–2)

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

1. **(a) k** — Üssü hesapla, exp al, A ile çarp. → **$6{,}3\times10^{-15}$ · $3{,}6\times10^{-15}$**
2. **(b) τ** — k[OH]'nin tersini al, saniyeyi yıla çevir. → **5,0 yıl · 8,8 yıl**

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) kıyas** — 10 yılla kıyasla; yutak kuralını doğru yaz. → **272 K (8,8 yıl)**
4. **oran** — İki k değerini oranla. → **26 K soğuma** → **T 1,8 kat**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Üsteki eksiyi unutmak, 1775'i T ile çarpmak ya da ek yutağın ömrü uzattığını sanmak.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) k → (b) T → (c) kıyas → oran

✓ Çözüm — Soru 37

sınav cevabı

1. **(a)** 298 K: $2{,}45\times10^{-12}\times\exp(-5{,}96) = \mathbf{6{,}3\times10^{-15}}$ · 272 K: $\times\exp(-6{,}53) = \mathbf{3{,}6\times10^{-15}}$ $cm^3\ s^{-1}$.
2. **(b)** 298 K: $1/(6{,}3\times10^{-15}\times10^6) = 1{,}6\times10^8$ s = **5,0 yıl** · 272 K: **8,8 yıl**.
3. **(c)** 272 K: CH_4'ün çoğu soğuk troposferde tepkir; toprak ve stratosfer kaybı eklenince ≈ 10 yıl.
4. 26 K soğuma → k **1,8 kat** küçük → ömür 1,8 kat uzun.

⚠️ **Sık hata:** üsteki eksiyi unutmak; 1775'i T ile çarpmak.

Sınavda yaz: "$k = A\exp(-E_a/RT)$: T ↑ → k ↑ → τ ↓."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** Aynı OH ile 298 K'de 5 yıl, 272 K'de 9 yıl.

🎯 S38 · CO NEDEN DEĞİŞKEN?

tanım

Soru: CO + OH: $k = 2{,}4\times10^{-13}$ cm^3 s^{-1} · $[OH] = 10^6$ cm^{-3} · yarımküreler arası karışma ~1 yıl.

- (a) CO'nun ömrü? (b) İyi karışmış mı? CH_4 ile kıyasla.

web'de çöz

τ = 1/(k[OH]) → karışma süresiyle kıyasla

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Ömür ↔ karışma süresi: iyi karışmış / değişken ayrımının anahtarı.

📋 Ne istiyor? — Soru 38

formül

Ne istiyor? CO'nun OH'ye karşı ömrü; karışma süresiyle kıyaslayıp iyi karışmış olup olmadığı ve CH_4'ten farkı.

Soru tipi: Hesap + yorum · CO ömrü ve karışma

diyagram

- *well-mixed vs variable gas* → iyi karışmış ve değişken gaz · τ ile karışma süresini kıyasla
- *interhemispheric mixing time* → yarımküreler arası karışma · ~1 yıl

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- «$k = 2{,}4\times10^{-13}\ cm^3\ s^{-1}$» → Hız sabiti. → **$k = 2{,}4\times10^{-13}\ cm^3/s$**
- «$[OH] = 10^6\ cm^{-3}$» → OH derişimi. → **$[OH] = 10^6\ cm^{-3}$**
- «karışma ~1 yıl» → Kıyas süresi. → **koşul = 1 yıl**

- *«İyi karışmış mı?»* → Ömür–karışma kıyası istenir.
  → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap + yorum · CO ömrü ve karışma

📋 Hangi formül? — Soru 38

OH'ye karşı ömür — (a) ömür istiyor; kayıp OH iledir, ömür kayıp hızının tersi.

terimler

türetim

$$\tau = \frac{1}{k\,[\mathrm{OH}]}$$

τ: ömür, s · k: 2,4×10^{-13} cm^{3} s^{-1} · [OH]: 10^{6} cm^{-3}

💎 **ÖZ:** Formül: OH'ye karşı ömür

📋 Adım adım — Soru 38 (1–2)

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

1. **(a)** t — k[OH]'nin tersini al, güne çevir. → **48 gün ≈ 1,6 ay**
2. **(b) kıyas** — Ömrü 1 yıllık karışma süresiyle kıyasla. → **CO değişken**

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. **CH_4** — Aynı ölçütü CH_4'e uygula. → **CH_4 iyi karışmış**
4. **kural** — Genel kuralı yaz. → **ölçüt: τ / karışma süresi**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** Sera ile ilgili her gazı «iyi karışmış» saymak; CO'nun ömrü yalnız ~2 ay.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) τ → (b) kıyas → CH_4 → kural

✓ Çözüm — Soru 38

sınav cevabı

1. **(a)** $\tau = 1/(2{,}4\times10^{-13} \times 10^{6}) = 4{,}2\times10^{6}$ s = **48 gün ≈ 1,6 ay**.
2. **(b)** 1,6 ay, 1 yıldan çok kısa → CO yarımküreyi dolaşmadan tükenir → **değişken** (kaynağa yakın yüksek; kuzey > güney).
3. **CH_4:** ~10 yıl, 1 yıldan çok uzun → **iyi karışmış**.
4. **Kural:** τ uzun → homojen · τ kısa → kaynağın izini taşır.

⚠️ **Sık hata:** her sera ilişkili gazı "iyi karışmış" saymak.

Sınavda yaz: "Dağılımın homojenliği ömrün karışma süresine oranıyla belirlenir."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** CO ~2 ay (değişken) · CH_4 ~10 yıl (iyi karışmış).

🎯 S39 · ŞEHİR KUTUSU

tanım

Soru: Şehir L = 20 km; karışma yüksekliği h = 500 m; rüzgâr u = 3 m/s; SO_2 akısı E = 5 µg m^{-2} s^{-1}; kimya yok, gelen hava temiz.

- (a) Denge derişimi C = E L / (u h)?
- (b) h = 200 m olursa? Bir de u = 1 m/s olursa?

web'de çöz

Birimler: m, s, µg

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** İnversiyon + durgun hava = kirliliğin tuzağı.

📋 Ne istiyor? — Soru 39

formül

Ne istiyor? Şehir kutusunda SO_2 denge derişimi; karışma yüksekliği 200 m'ye inince ve rüzgâr da 1 m/s olunca yeni derişim.

Soru tipi: Hesap · şehir kutu modeli

animasyon

- *box model* → kutu modeli · giren = çıkan → C = EL/(uh)
- *mixing height* → karışma yüksekliği · h ↓ → C ↑ (inversiyon)

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«L = 20 km»* → Şehir uzunluğu. → **L = 20 000 m**
- *«h = 500 m»* → Karışma yüksekliği. → **u h = 500 m**
- *«u = 3 m/s»* → Rüzgâr hızı. → **u h = 3 m/s**
- *«E = 5 µg m^{-2} s^{-1}»* → Yüzey akısı. → **E = 5 µg m^{-2} s^{-1}**

- *«gelen hava temiz»* → Girişte derişim sıfır. → **koşul**
- *«h = 200 m olursa?»* → Yeni h. → **u h = 200 m**

💎 **ÖZ:** Hesap · şehir kutu modeli

📋 Hangi formül? — Soru 39

Şehir kutu modeli (denge) — Soru denge derişimini istiyor; kutuya giren akı ile rüzgârın taşıdığı akı eşitlenir.

terimler

türetim

$$C = \frac{E\,L}{u\,h}$$

C: derişim, µg/m³ · E: yüzey akısı, µg m⁻² s⁻¹ · L: şehir boyu, m · u h: rüzgâr × karışma yüksekliği

---

💎 **ÖZ:** Formül: Şehir kutu modeli (denge)

📋 Adım adım — Soru 39 (1–2)

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

1. **fikir** — Giren ve çıkan akıyı eşitle. → **C = E L / (u h)**
2. **(a) C** — Sayıları metre ve saniye ile koy. → **C ≈ 67 µg/m³**

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) h, u** — Önce h = 200 m, sonra u = 1 m/s ile tekrar hesapla. → **167 · 500 µg/m³**



4. **kalış** — Kalış süresini L/u ile bul. → **≈ 1,9 saat**



⚠️ **Tuzak:** km'yi metreye çevirmemek (1000 kat) ya da h ve u'nun paydada olduğunu unutmak.

💎 **ÖZ:** Plan: fikir → (a) C → (b) h, u → kalış

✓ Çözüm — Soru 39

sınav cevabı

1. **Fikir:** giren E × L · çıkan u × h × C → eşitle → C = E L / (u h).
2. **(a)** 5 × 20 000 / (3 × 500) = **67 µg/m³**.
3. **(b)** h = 200 m → **167 µg/m³** · + u = 1 m/s → **500 µg/m³**.
4. **Kalış süresi:** L/u = 20 000 / 3 ≈ 6700 s ≈ **1,9 saat**.
5. **Bağ:** Londra 1952, Donora 1948: inversiyon + durgun hava (2. dosya).

⚠️ **Sık hata:** km'yi metreye çevirmemek (1000 kat).

Sınavda yaz: "Derişim, karışma yüksekliği ve rüzgârla ters orantılı."

adım adım

💎 **ÖZ:** h 2,5 kat düşük + rüzgâr 3 kat zayıf → 7,5 kat kirli hava.

🎯 S40 · E_a ve FOTOLİZ

tanım

Soru:

- (a) Bir tepkimenin hızı 288 K → 298 K'de iki katına çıkıyor. E_a?
- (b) Öğlen $J(NO_2) = 8\times10^{-3}\ s^{-1}$. NO_2'nin fotoliz ömrü?

web'de çöz

$\ln(k_2/k_1) = (E_a/R)(1/T_1 - 1/T_2)$ · $\tau = 1/J$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Arrhenius iki noktadan E_a verir; fotoliz ömrü 1/J.

📋 Ne istiyor? — Soru 40

formül

Ne istiyor? 288 → 298 K'de hızı iki katına çıkan tepkimenin E_a'sı ve $J(NO_2) = 8\times10^{-3}$ s^{-1} iken NO_2'nin fotoliz ömrü.

Soru tipi: Hesap · E_a ve fotoliz ömrü

diyagram

- *activation energy from two temperatures* → iki sıcaklıktan aktivasyon enerjisi · $\ln(k_2/k_1) = (E_a/R)(1/T_1 - 1/T_2)$
- *photolysis lifetime* → fotoliz ömrü · $\tau = 1/J$

💎 **ÖZ:** Hesap · E_a ve fotoliz ömrü

📋 Verilenler — Soru 40

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«288 K → 298 K»* → İki sıcaklık. → **T_1, T_2 = 288 K, 298 K**
- *«iki katına çıkıyor»* → Hız oranı 2. → **$k_2/k_1 = 2$**
- *«$J(NO_2) = 8\times10^{-3}\ s^{-1}$»* → Fotoliz frekansı. → **$J = 8\times10^{-3}\ s^{-1}$**
- *«fotoliz ömrü?»* → $\tau = 1/J$ istenir. → **istenen**

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

📋 Hangi formül? — Soru 40 (1/2)

İki noktalı Arrhenius — (a) iki sıcaklıkta hız oranı verilmiş; A sadeleşir, yalnız E_a kalır.

terimler

türetim

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

k_2/k_1: hız oranı = 2 · E_a: aktivasyon enerjisi, J/mol · T_1, T_2: 288 K ve 298 K

💎 **ÖZ:** İki noktalı Arrhenius

📋 Hangi formül? — Soru 40 (2/2)

Fotoliz ömrü — (b) fotoliz birinci mertebedir: hız = J[X], ömür = 1/J.

$$\tau = \frac{1}{J}$$

τ: ömür, s · J: fotoliz hızı, s^{-1}

💎 **ÖZ:** Fotoliz ömrü

📋 Adım adım — Soru 40 (1–2)

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

1. **(a) 1/T** — 1/T farkını hesapla. → **$1{,}165\times10^{-4}$ K^{-1}**
2. **(a) E_a** — ln 2'yi R ile çarp, 1/T farkına böl. → **$E_a \approx 49$ kJ/mol**

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) τ** — J'nin tersini al. → **125 s ≈ 2 dakika**

3. adım

4. **anlamı** — Sonucu ozon üretimine bağla. → **hızlı O_3 kaynağı**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** 1/T farkı yerine 10 K yazmak ya da sıcaklığı °C olarak kullanmak.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) 1/T → (a) E_a → (b) τ → anlamı

✓ Çözüm — Soru 40

sınav cevabı

1. **(a)** ln 2 = (E_a / 8,314) × (1/288 – 1/298) · fark = 1,165×10^{-4} K^{-1}.
2. E_a = 0,693 × 8,314 / 1,165×10^{-4} = **49 kJ/mol**.
3. **(b)** τ = 1/J = 1 / (8×10^{-3}) = **125 s ≈ 2 dakika**.
4. **Anlamı:** NO_2 gündüz dakikalar içinde bölünür → O atomu → O_3 (S44).

⚠️ **Sık hata:** 1/T farkı yerine 10 K yazmak; °C kullanmak.

Sınavda yaz: "Fotoliz birinci mertebedir: hız = J[X], ömür = 1/J."

adım adım

kod

💎 **ÖZ:** "10 K'de 2 kat" ≈ 50 kJ/mol · NO_2 öğlen ~2 dakika yaşar.

📌 GB B5 TERİMLERİ (1/2)

- **lifetime** (n) ömür — *Methane's lifetime is ~10 years.*
- **residence time** (n) kalış süresi — *It equals lifetime at steady state.*
- **steady state** (n) denge (kararlı hâl) — *Sources equal sinks.*
- **sink** (n) yutak — *OH is the main sink of CH_4.*
- **source** (n) kaynak — *Wetlands are a CH_4 source.*
- **rate constant** (n) hız sabiti — *k rises with temperature.*

💎 **ÖZ:** source − sink = change · steady state: source = sink.

📌 GB B5 TERİMLERİ (2/2)

- **activation energy** (n) aktivasyon enerjisi — *It is about 50 kJ/mol.*
- **photolysis** (n) fotoliz (ışıkla bölünme) — *NO_2 photolysis makes O atoms.*
- **box model** (n) kutu modeli — *A city can be a box.*

Kalıp cümle:

Metanın ömrü yaklaşık on yıldır, bu yüzden iyi karışmıştır.

Methane **has a lifetime of** about ten years, **so** it is well mixed.

💎 **ÖZ:** "... has a lifetime of ..., so ..." — ömürden sonuca geçiş kalıbı.

BÖLÜM 6 · OZON ve TROPOSFERİK KİMYA

📌 BU BÖLÜMDE

- Chapman: O ile O_3 dengesi (sayısal) [EK sayılar]
- CFC → Cl: katalizörün gücü
- Yer seviyesi ozonu: NO titrasyonu, fotodurağanlık, VOC
- Sorular: **S41–S44** (2. dosyanın sayısal genişletmesi; final için)

💎 **ÖZ:** Stratosferde O_3 kalkan, yerde kirletici; oyuncular aynı: O, NO, Cl, OH.

📖 6.1 TEPKİME KARTI — CHAPMAN

$$\mathrm{O_2} + h\nu \rightarrow 2\,\mathrm{O} \quad (\lambda < 240\ \mathrm{nm})$$
$$\mathrm{O} + \mathrm{O_2} + \mathrm{M} \rightarrow \mathrm{O_3} + \mathrm{M}$$
$$\mathrm{O_3} + h\nu \rightarrow \mathrm{O_2} + \mathrm{O}$$
$$\mathrm{O_3} + \mathrm{O} \rightarrow 2\,\mathrm{O_2}$$

Terimler — tek tek:

- R1: O_2'yi böler (yavaş) · R2: ozonu yapar (hızlı)
- R3: UV soğurur, O ↔ O_3 döner · R4: gerçek kayıp
- Katalitik: X + O_3 → XO + O_2 · XO + O → X + O_2

💎 **ÖZ:** R2–R3 hızlı döngü; R1–R4 yavaş üretim ve kayıp.

📖 6.2 KONU ÖZÜ — YERDEKİ OZON

Ne? Yerdeki ozon kirleticidir; NOx + VOC + güneşle oluşur (fotokimyasal smog).

Nerede? Güneşli, trafiği yoğun şehir ve rüzgâraltı banliyöler.

Sınavda yaz:

- $NO_2 + hv \rightarrow NO + O \cdot O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$
- $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$ (titrasyon)
- VOC → RO_2/HO_2 → NO'yu ozonsuz NO_2'ye çevirir [EK]
- NO_2 + VOC → PAN

💎 **ÖZ:** NOx tek başına ozonu biriktiremez; birikmeyi VOC sağlar.

🎯 S41 · O mu O_3 mü? [EK]

tanım

Soru: 30 km: $n(M) = 3{,}8\times10^{17}$ cm^{-3} · $[O_2] = 0{,}21\ n(M)$ · $k_2 = 1{,}1\times10^{-33}$ cm^6 s^{-1} · $J_3 = 10^{-3}$ s^{-1}. R2 ve R3 dengede.

- (a) $[O]/[O_3]$?
- (b) O atomunun ömrü?

web'de çöz

$J_3[O_3] = k_2[O][O_2][M]$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Hızlı iki tepkimenin dengesinden oran çıkar.

📋 Ne istiyor? — Soru 41

formül

Ne istiyor? 30 km'de R2 ve R3 dengedeyken [O]/[O_3] oranı ve O atomunun ömrü.

Soru tipi: Hesap · Chapman: O ile O_3 dengesi

animasyon

- *Chapman mechanism* → Chapman çevrimi · R2 üretir, R3 döndürür
- *odd oxygen* → tek oksijen (O + O_3) · pratikte O_3'tür

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«n(M) = 3,8×10¹⁷ cm⁻³»* → Toplam hava sayı yoğunluğu. → **[M] = 3,8×10¹⁷ cm⁻³**
- *«[O_2] = 0,21 n(M)»* → O_2 payı. → **koşul = 0,21 × 3,8×10¹⁷**
- *«k_2 = 1,1×10⁻³³ cm⁶ s⁻¹»* → Üçlü çarpışma hız sabiti. → **k_2 = 1,1×10⁻³³**
- *«J_3 = 10⁻³ s⁻¹»* → O_3 fotoliz frekansı. → **J_3 = 10⁻³ s⁻¹**
- *«R2 ve R3 dengede»* → Üretim = kayıp. → **koşul**

- *«O atomunun ömrü?»* → τ(O) istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · Chapman: O ile O_3 dengesi

📋 Hangi formül? — Soru 41

R2 – R3 dengesi — Soru R2 ve R3 dengede diyor; üretim = yok olma yazılınca oran doğrudan çıkar.

terimler

türetim

$$J_3\,[\mathrm{O_3}] = k_2\,[\mathrm{O}][\mathrm{O_2}][\mathrm{M}] \;\Rightarrow\; \frac{[\mathrm{O}]}{[\mathrm{O_3}]} = \frac{J_3}{k_2[\mathrm{O_2}][\mathrm{M}]}$$

J_3: O_3 fotoliz hızı, s^{-1} · k_2: R2 hız sabiti, $cm^6\ s^{-1}$ · [M]: üçüncü cisim = n(hava)

💎 **ÖZ:** Formül: R2 – R3 dengesi

📋 Adım adım — Soru 41 (1–3)

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

1. **denge** — R3 hızını R2 hızına eşitle, oranı çek. → **oran = J_3 / ($k_2[O_2][M]$)**
2. **payda** — $k_2[O_2][M]$'yi hesapla; [M] iki kez girer. → **$k_2[O_2][M]$ = 33 s^{-1}**
3. **(a) oran** — J_3'ü 33'e böl. → **$[O]/[O_3] \approx 3\times10^{-5}$**

1. adım

2. adım

3. adım

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

📋 Adım adım — Soru 41 (4–5)

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

4. **(b) τ(O)** — O'nun kayıp hızının tersini al. → **τ(O) ≈ 0,03 s**


4. adım

5. **sonuç** — R2–R3'ün net etkisini yaz. → **net kayıp: R4 + katalitik**


5. adım

⚠️ **Tuzak:** Üç cisimli R2'de [M]'yi unutmak; payda $k_2[O_2][M]$ çarpımıdır.

💎 **ÖZ:** Plan: denge → payda → (a) oran → (b) τ(O) → sonuç

✓ Çözüm — Soru 41

sınav cevabı

1. **Denge:** $J_3[O_3] = k_2[O][O_2][M] \rightarrow [O]/[O_3] = J_3 / (k_2[O_2][M])$.
2. $k_2[O_2][M] = 1{,}1\times10^{-33} \times 0{,}21 \times (3{,}8\times10^{17})^2 = \mathbf{33\ s^{-1}}$.
3. **(a)** $10^{-3} / 33 = \mathbf{3\times10^{-5}} \rightarrow O_3$, O'dan ~30 000 kat fazla.
4. **(b)** $\tau(O) = 1/33 \approx \mathbf{0{,}03\ s} \rightarrow$ O doğar doğmaz O_3'e döner.
5. **Sonuç:** R2–R3 ozonu yok etmez, yalnız döndürür; net kayıp R4 ve katalitik döngülerle.

⚠️ **Sık hata:** üç cisimli R2'de [M]'yi unutmak (çarpım $[O_2][M]$).

Sınavda yaz: "Tek oksijen (O + O_3) pratikte O_3'tür."

adım adım

💎 **ÖZ:** $[O]/[O_3] \approx 3\times10^{-5}$; O ~0,03 s yaşar.

🎯 S42 · TEK Cl, ÇOK O_3

tanım

Soru: Stratosfere 1 kg CF_2Cl_2 (M = 120,9 g/mol) ulaştı, tamamı Cl'ye döndü. Her Cl rezervuara bağlanana dek ~10^5 O_3 bozuyor [EK].

- (a) Kaç mol Cl? (b) Kaç ton O_3 bozulur? (c) Neden "katalizör"?

web'de çöz

mol CFC × 2 → × 10^5 → × 48 g

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Katalizör döngüden çıkmaz: az madde, büyük etki.

📋 Ne istiyor? — Soru 42

formül

Ne istiyor? 1 kg CF_2Cl_2'den kaç mol Cl çıktığı, her Cl 10^5 O_3 bozarsa kaç ton O_3 bozulduğu ve Cl'nin neden katalizör olduğu.

Soru tipi: Hesap · CFC'den ozon kaybı

animasyon

- *catalytic ozone destruction* → katalitik ozon bozumu · Cl döngüden çıkmaz
- *chlorine reservoir* → klor rezervuarı · HCl, $ClONO_2$: döngü durur

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«1 kg CF_2Cl_2»* → CFC kütlesi; molekülde 2 Cl. → **2 = 2 Cl/molekül**
- *«M = 120,9 g/mol»* → CFC molar kütlesi. → **120,9 = 120,9 g/mol**
- *«~10^5 O_3 bozuyor»* → Cl başına bozulan O_3. → **10^5 = 10^5**

- *«Kaç ton O_3 bozulur?»* → Kütle istenir (O_3 = 48 g/mol). → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · CFC'den ozon kaybı

📋 Hangi formül? — Soru 42 (1/2)

Mol zinciri — (a)–(b) kütleden mole, mol Cl'den mol O_3'e, oradan kütleye geçiliyor.

terimler

türetim

$$m_{O_3} = \frac{1000}{120{,}9} \times 2 \times 10^5 \times 48$$

120,9: CF_2Cl_2 mol kütlesi, g/mol · 2: molekül başına Cl · 10^5: Cl başına bozulan O_3 · 48: O_3 mol kütlesi, g/mol

---

💎 **ÖZ:** Mol zinciri

📋 Hangi formül? — Soru 42 (2/2)

Katalitik döngü (ClOx) — (c) «neden katalizör?» diyor; döngüde Cl harcanmadan geri döner.

$$\mathrm{Cl} + \mathrm{O_3} \rightarrow \mathrm{ClO} + \mathrm{O_2}$$
$$\mathrm{ClO} + \mathrm{O} \rightarrow \mathrm{Cl} + \mathrm{O_2}$$
$$\text{net}: \mathrm{O_3} + \mathrm{O} \rightarrow 2\,\mathrm{O_2}$$

Cl: katalizör; döngü sonunda geri gelir · ClO: ara ürün · net: $O_3 + O \rightarrow 2O_2$

💎 **ÖZ:** Katalitik döngü (ClOx)

📋 Adım adım — Soru 42 (1–2)

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

1. **(a) Cl** — Kütleyi mol kütlesine böl, 2 ile çarp. → **16,5 mol Cl**
2. **(b) O_3** — Cl molünü 10^5 ile, sonra 48 g ile çarp. → **≈ 79 ton O_3**

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. **(c) neden** — Döngüyü yaz, Cl'nin geri döndüğünü göster. → **Cl geri döner**
4. **durur** — Döngünün nasıl bittiğini yaz. → **rezervuar türler**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** CF_2Cl_2'deki iki Cl'yi unutmak; sonuç yarıya iner.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) Cl → (b) O_3 → (c) neden → durur

✓ Çözüm — Soru 42

sınav cevabı

1. **(a)** 1000 / 120,9 = 8,27 mol CFC × 2 = **16,5 mol Cl**.
2. **(b)** 16,5 × 10^5 = 1,65×10^6 mol O_3 × 48 g = **≈ 79 ton O_3**.
3. **(c)** Cl + O_3 → ClO + O_2 · ClO + O → Cl + O_2 → net O_3 + O → 2O_2; **Cl geri döner**.
4. **Döngü durur:** Cl + CH_4 → HCl · ClO + NO_2 → $ClONO_2$ (rezervuar).

⚠️ **Sık hata:** CF_2Cl_2'deki iki Cl'yi unutmak.

Sınavda yaz: "Klor katalizördür; rezervuara bağlanana dek binlerce ozon bozar."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** 1 kg CFC-12 → 16,5 mol Cl → ~80 t O_3.

🎯 S43 · MERKEZ ↔ BANLİYÖ

tanım

Soru: Yaz öğleden sonra ozon şehir merkezinde banliyöden düşük; gece merkezde neredeyse sıfır. Neden? Hafta sonu trafik azalınca ozon neden artabilir? [EK]

web'de çöz

$NO + O_3 \rightarrow ?$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Taze NO ozonu yer: kaynağın dibinde ozon düşüktür.

📋 Ne istiyor? — Soru 43

formül

Ne istiyor? Yaz öğleden sonra ozonun merkezde banliyöden düşük, gece merkezde sıfıra yakın olmasının ve hafta sonu artabilmesinin nedeni.

Soru tipi: Yorum · NO titrasyonu (merkez ↔ banliyö)

animasyon

- *NO titration of ozone* → ozonun NO ile titrasyonu · $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$
- *ozone peaks downwind* → ozon rüzgâraltında tepe yapar · O_3 ikincil kirleticidir

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- *«şehir merkezinde banliyöden düşük»* → Merkezde NO titrasyonu. → **koşul**
- *«gece merkezde neredeyse sıfır»* → Fotoliz yok, titrasyon sürüyor. → **koşul**
- *«Hafta sonu trafik azalınca»* → NO kaynağı azalıyor. → **koşul**

- *«ozon neden artabilir?»* → Neden istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Yorum · NO titrasyonu (merkez ↔ banliyö)

📋 Hangi formül? — Soru 43

Kullanılacak bilgi: Taze NO ozonu yer (NO + $O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$); ozon, hava güneş altında taşınırken VOC ile rüzgâraltında birikir.

terimler

türetim

💎 **ÖZ:** Formül: Taze NO ozonu yer (NO + $O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$); ozon, hava güneş alt

📋 Adım adım — Soru 43 (1–2)

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

1. **titrasyon** — Merkezdeki ozon kaybını tepkimeyle yaz. → **merkezde O_3 düşük**
2. **banliyö** — Taşınma sırasında birikmeyi yaz. → **rüzgâraltında O_3 yüksek**

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. **gece** — Işık yokken ne olduğunu yaz. → **merkezde $O_3 \approx 0$**
4. **hafta sonu** — Az trafiğin etkisini yaz. → **O_3 artabilir**

3. adım

4. adım

⚠️ **Tuzak:** «En çok trafik → en çok ozon» demek; ozonun tepesi rüzgâraltında oluşur.

💎 **ÖZ:** Plan: titrasyon → banliyö → gece → hafta sonu

✓ Çözüm — Soru 43

sınav cevabı

1. **Titrasyon:** NO + O_3 → NO_2 + O_2 → egzozun taze NO'su merkezde ozonu tüketir.
2. **Banliyö:** hava taşınırken NO_2 + hv ve VOC kimyası ozonu biriktirir → rüzgâraltında yüksek O_3.
3. **Gece:** fotoliz yok → yeni O_3 yok, titrasyon sürer → merkezde $O_3 \approx 0$.
4. **Hafta sonu [EK]:** NO az → titrasyon zayıf → O_3 artabilir.

⚠️ **Sık hata:** "en çok trafik → en çok ozon" demek.

Sınavda yaz: "O_3 ikincil kirleticidir: rüzgâraltında birikir."

adım adım

animasyon

💎 **ÖZ:** Merkez NO ile ozonu yer, banliyö güneşle ozon üretir.

🎯 S44 · FOTODURAĞANLIK [EK]

tanım

Soru: Öğlen $J(NO_2) = 8\times10^{-3}\ s^{-1}$ · $k(NO + O_3) = 1{,}9\times10^{-14}\ cm^3\ s^{-1}$ · $n(hava) = 2{,}46\times10^{19}\ cm^{-3}$. Denge: $J[NO_2] = k[NO][O_3]$.

- (a) $NO_2/NO = 2$ iken O_3 (cm^{-3} ve ppb)?
- (b) Oran 5 olursa? Oranı ne yükseltir?

web'de çöz

$[O_3] = J\,[NO_2] / (k\,[NO])$

Yol haritası sonraki sayfada →

💎 **ÖZ:** Ozonu NO_2/NO oranı belirler.

📋 Ne istiyor? — Soru 44

formül

Ne istiyor? $NO_2/NO = 2$ iken fotodurağan dengede O_3 (cm^{-3} ve ppb), oran 5 olunca O_3 ve oranı neyin yükselttiği.

Soru tipi: Hesap · fotodurağan denge (Leighton)

animasyon

- *photostationary state* → fotodurağan denge · $J[NO_2] = k[NO][O_3]$
- *ozone precursors (NOx, VOC)* → ozon öncülleri (NOx, VOC) · VOC, NO_2/NO oranını yükseltir

Sorudan formüle — hangi ifadeden ne anladık?

- «*$J(NO_2) = 8\times10^{-3}\ s^{-1}$*» → NO_2 fotoliz frekansı. → **$J = 8\times10^{-3}\ s^{-1}$**
- «*$k(NO + O_3) = 1{,}9\times10^{-14}\ cm^3\ s^{-1}$*» → Titrasyon hız sabiti. → **$k = 1{,}9\times10^{-14}\ cm^3/s$**
- «*$n(hava) = 2{,}46\times10^{19}\ cm^{-3}$*» → ppb'ye çevirmek için. → **$n(hava) = 2{,}46\times10^{19}\ cm^{-3}$**

- *«$NO_2/NO = 2$»* → Oran. → **$NO_2/NO = 2$**
- *«Oran 5 olursa?»* → Yeni oran. → **$NO_2/NO = 5$**
- *«O_3 (cm^{-3} ve ppb)»* → İki birimde ozon istenir. → **istenen**

💎 **ÖZ:** Hesap · fotodurağan denge (Leighton)

📋 Hangi formül? — Soru 44 (1/2)

Fotodurağan denge (Leighton) — Soru dengede O_3'ü istiyor; NO_2 fotolizi ile NO + O_3 tepkimesi eşitlenir.

terimler

türetim

$$[\mathrm{O_3}] = \frac{J\,[\mathrm{NO_2}]}{k\,[\mathrm{NO}]}$$

J: NO_2 fotoliz hızı, s^{-1} · k: NO + O_3 hız sabiti · NO_2/NO: oran; ozonu belirler

---

💎 **ÖZ:** Fotodurağan denge (Leighton)

📋 Hangi formül? — Soru 44 (2/2)

Karışım oranı (ppb) — Sonuç cm^{-3} çıkar; ppb için hava yoğunluğuna bölüp 10^9 ile çarpılır.

$$\chi = \frac{n_{O_3}}{n_{\text{hava}}} \times 10^9$$

χ: karışım oranı, ppb · n(hava): $2{,}46 \times 10^{19}$ cm^{-3}

💎 **ÖZ:** Karışım oranı (ppb)

📋 Adım adım — Soru 44 (1–2)

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

1. **(a) cm^{-3}** — J × oranı k'ya böl. → **$8{,}4\times10^{11}$ cm^{-3}**
2. **(a) ppb** — Hava yoğunluğuna böl, 10^{9} ile çarp. → **≈ 34 ppb**

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. **(b) oran** — Aynı hesabı oran 5 ile yap. → **≈ 86 ppb**

3. adım

4. **VOC** — Oranı yükselteni tepkimeyle yaz. → **VOC oranı yükseltir**

4. adım

⚠️ **Tuzak:** ppb için 10^9 ile çarpmayı unutmak ya da NO_2/NO oranını ters koymak.

💎 **ÖZ:** Plan: (a) cm^{-3} → (a) ppb → (b) oran → VOC

✓ Çözüm — Soru 44

sınav cevabı

$$[O_3] = \frac{J\,[NO_2]}{k\,[NO]}$$

1. **(a)** $8\times10^{-3} \times 2 / 1{,}9\times10^{-14} = \mathbf{8{,}4\times10^{11}\ cm^{-3}}$ → ÷ $2{,}46\times10^{19} = \mathbf{34\ ppb}$.
2. **(b)** oran 5 → **86 ppb**.
3. **Oranı yükselten:** VOC'den HO_2/RO_2: NO + HO_2 → NO_2 + OH → NO, ozon harcanmadan NO_2 olur.
4. **Sonuç:** NOx tek başına ~30 ppb; smog düzeyi için VOC şart.

⚠️ **Sık hata:** ppb için 10^9 ile çarpmayı unutmak.

adım adım

💎 **ÖZ:** Ozon = NOx + VOC + güneş; VOC, NO → NO_2 dönüşümünü ozonsuz yapar.

📌 GB B6 TERİMLERİ (1/2)

- **ozone layer** (n) ozon tabakası — *It absorbs UV radiation.*
- **catalytic cycle** (n) katalitik döngü — *Cl destroys ozone in a cycle.*
- **reservoir species** (n) rezervuar tür — *HCl is a chlorine reservoir.*
- **titration** (n) titrasyon — *NO titrates ozone at night.*
- **photochemical smog** (n) fotokimyasal duman — *It forms on sunny days.*
- **precursor** (n) öncül — *NOx and VOC are ozone precursors.*

💎 **ÖZ:** precursor + sunlight → photochemical smog.

📌 GB B6 TERİMLERİ (2/2)

- **secondary pollutant** (n) ikincil kirletici — *Ozone is a secondary pollutant.*
- **downwind** (adj/adv) rüzgâraltı — *Ozone peaks downwind of cities.*
- **ultraviolet** (adj) morötesi — *Ozone blocks ultraviolet light.*

Kalıp cümle:

Ozon doğrudan salınmaz; havada oluşur.

Ozone **is not emitted** directly; it **is formed** in the air.

💎 **ÖZ:** "is emitted / is formed" — birincil ↔ ikincil farkını edilgen yapı anlatır.

SON 30 DAKİKA ve SIK HATALAR

📌 SON 30 DAKİKA (1/4) — SAYILAR

- n(hava) yüzeyde ≈ $2{,}5\times10^{19}$ cm^{-3} · V_m = 24,45 L/mol (25 °C)
- T_e 255 K · yüzey 288 K · sera +33 K ≈ 150 W/m^2
- $2\times CO_2$ → 3,7 W/m^2 → ~3 K (geri beslemesiz ~1 K)
- Su buharı %7/K · Venüs T_e 242 K, yüzey 700 K
- Bulut net ≈ −20 W/m^2: yüksek ısıtır, alçak soğutur
- pH: 5,6 temiz · 4–4,4 asit · 1 birim = 10 kat
- Pinatubo: 17 Mt SO_2 → 26 Mt H_2SO_4 · −0,5 °C · strat. +2 °C · O_3 −%5–10 · 2–3 yıl
- ENSO: 2–7 yılda bir · 9–12 ay

💎 **ÖZ:** Kâğıda ilk iş: 255/288 K, 5,6, 17 Mt → −0,5 °C, $2{,}5\times10^{19}$.

📌 SON 30 DAKİKA (2/4) — FORMÜLLER

- $n = P/(kT) \cdot C\ (\mu g/m^3) = ppb \times M / 24{,}45$
- $T_e = \sqrt[4]{[S_0(1-A)/(4\sigma)]} \cdot T_s = T_e \sqrt[4]{(2/(2-f))}$
- $\Delta F = 5{,}35 \ln(C/280) \cdot \Delta T = \lambda \Delta F$
- $z(LCL) \approx 125\ (T - Td)$
- $S = n\pi r^2 \cdot V = n(4/3)\pi r^3 \cdot v \propto D^2$
- $I = I_0 \exp(-\tau) \cdot \tau = (\sigma_s + \sigma_a)\ n\ L \cdot \omega = \sigma_s/(\sigma_s + \sigma_a)$
- $pH = -\log_{10}[H^+] \cdot \tau = M/L = 1/k \cdot k = A \exp(-E_a/RT)$

💎 **ÖZ:** Her formülün yanına birimini yaz: K, Pa, cm^{-3}, $\mu g/m^3$, W/m^2.

📌 SON 30 DAKİKA (3/4) — TEPKİMELER

- $SO_2 + OH + M \rightarrow HSO_3 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \cdot + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$
- $NO_2 + OH + M \rightarrow HNO_3 + M$
- $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$
- $CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$
- $ClONO_2 + HCl\ (PSC) \rightarrow Cl_2 + HNO_3 \cdot Cl_2 + hv \rightarrow 2Cl$
- $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2 \cdot ClO + O \rightarrow Cl + O_2$
- $NO_2 + hv \rightarrow NO + O \cdot O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M \cdot NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$

💎 **ÖZ:** Zincir OH ile başlar, yüzeyde klor aktifleşir, NO_2 ışıkla ozon yapar.

📌 SON 30 DAKİKA (4/4) — ÇİFTLER

- birincil ↔ ikincil · ince ↔ iri · doğrudan ↔ dolaylı
- sirrus (ısıtır) ↔ stratus (soğutur)
- temiz bulut (büyük damla) ↔ kirli bulut (küçük damla, parlak)
- El Niño (doğu sıcak) ↔ La Niña (doğu soğuk)
- iyi karışmış (uzun ömür) ↔ değişken (kısa ömür)
- zorlama (CO_2) ↔ geri besleme (H_2O)
- ozon deliği (UV, Cl) ≠ sera etkisi (IR) ≠ aerosol soğutması

💎 **ÖZ:** Karşılaştırma sorusunda iki sütun aç: tanım, neden, örnek.

⚠️ SIK YAPILAN HATALAR (1/2) — HESAP

- hPa → Pa (×100) · °C → K (+273) · km → m
- m^{-3} ↔ cm^{-3}: 10^6 kat
- r ↔ D: r = 2 µm → D = 4 µm
- ln (ΔF, ömür) ↔ $\log_{10}$ (pH)
- $H_2SO_4 \rightarrow 2\ H^+$
- %10/yıl × 10 yıl = 2,59 kat (2 değil)
- Üstel sönüm doğrusal değil
- 24 saatlik değer ↔ 24 saatlik sınır; yıllık ↔ yıllık

💎 **ÖZ:** Sonucu bir çapayla kıyasla: $2{,}5\times10^{19}$ cm^{-3}, 255 K, pH 5,6.

⚠️ SIK YAPILAN HATALAR (2/2) — KAVRAM

- "Kalıcı dipol yok → IR yok" ✗ → dipol **değişimi**
- "Bulut hep soğutur" ✗ → yüksek bulut ısıtır
- "Çok aerosol → çok yağış" ✗ → küçük damla, az yağış
- "Volkan → ısınma" ✗ → kısa vadede SO_2 → soğuma
- "En çok trafik → en çok ozon" ✗ → rüzgâraltı
- "Temiz yağmur pH 7" ✗ → 5,6
- "ppm sıcaklıkla değişir" ✗ → $\mu g/m^3$ değişir
- "Ozon deliği ısınmanın nedeni" ✗ → UV ≠ IR

💎 **ÖZ:** Yanlış önermeyi düzeltme sorusu: önce ✗ de, sonra doğrusunu nedeniyle yaz.

📌 CEVAP KALIBI

1. **Tanım:** tek cümle (ne?).
2. **Mekanizma:** ok zinciri (nasıl? neden?).
3. **Örnek:** sayı ya da olay (Pinatubo, Londra, Venüs).
4. **Sonuç:** etkinin yönü (+/–) ve büyüklüğü.

- Hesapta: formül → sayılar → birimli sonuç → bir cümle yorum.
- Varsayımı yaz: "25 °C, 1 atm", "dengede", "kimya ihmal".

💎 **ÖZ:** Tanım → mekanizma → örnek → sonuç; hesapta birim + yorum.