

Περιορισμός επιτομικών SO₂

21

α) Αποδείωση υφρών καυσίμων με διύλιση

Ελαφρά υφρά καύσιμα 0,05% - 0,5%

Βαριά καύσιμα (μαζούτ) Μέχρι και 4%

β) Απομάκρυνση SO₂ από τα βιομηχανικά αερολύματα

Πλύση αερολυμάτων με διάλυμα υψικιών ιόντων

Δέσμευση SO₂ από υψικά και σχηματισμός διηλού

αλάτος - 99% αερολυμάτων

ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x)

(αέρια) NO, NO₂: Συμμετοχή σε ίδιον φωτοχημικός κλάσος αντιδράσεων

NO₃, N₂O₅: Χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά σημαντικά ενδιαμέσα φωτοχημικού νέφους

(αέρια) PAN: CH₃COO₂NO₂: Νιτρώσιο υπεροξείδιο αιετώλιο
Δυστατικό φωτοχημικού νέφους

Πηγές NO_x

Μικρή συμμετοχή ανθρωπογενών πηγών αλλά μεγάλη τοπική συγκεντρώσεις ρύπων

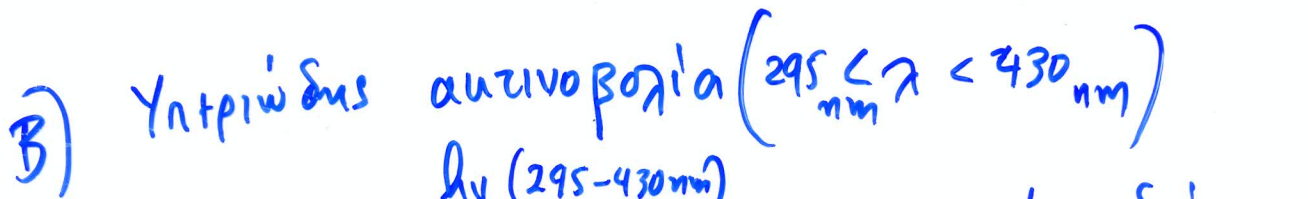
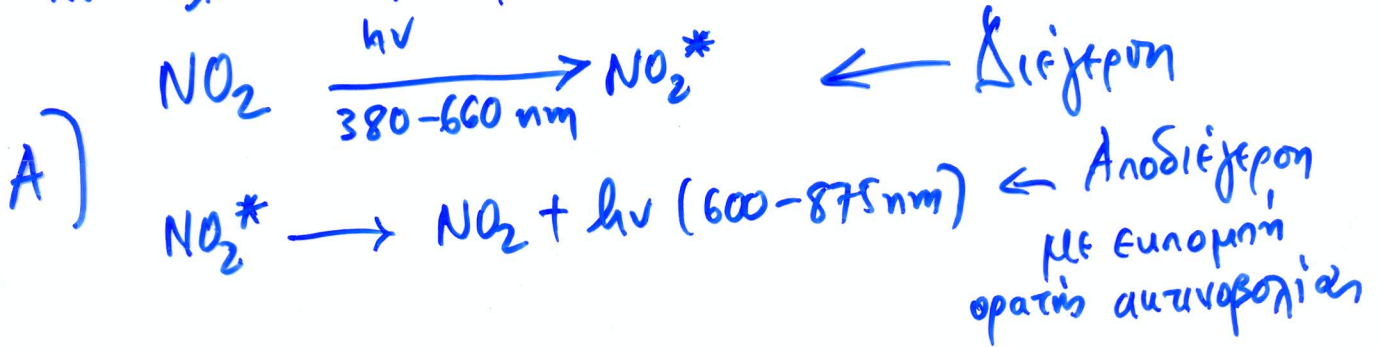
NO_x: Προϊόντα καύσης με ποσότητα που ανδάνη με την άνοδο της θερμοκρασίας καύσης
Κυρίως παραγωγή NO

Μηχανισμοί απομάκρυνσης NO_x

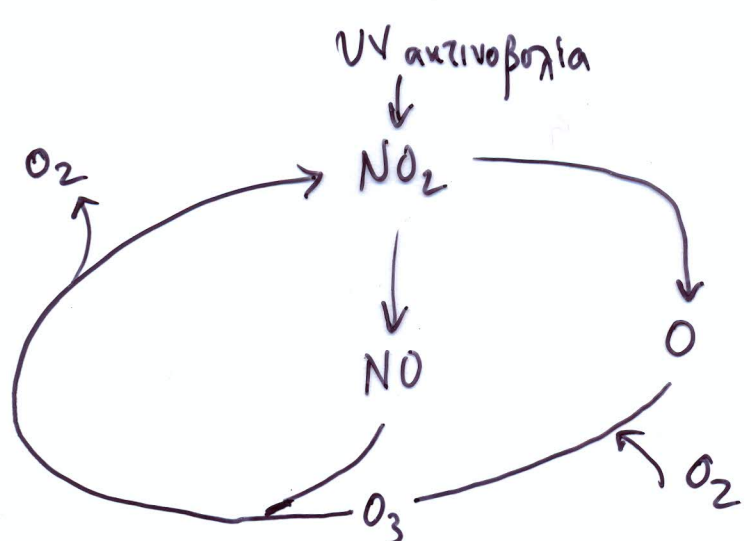
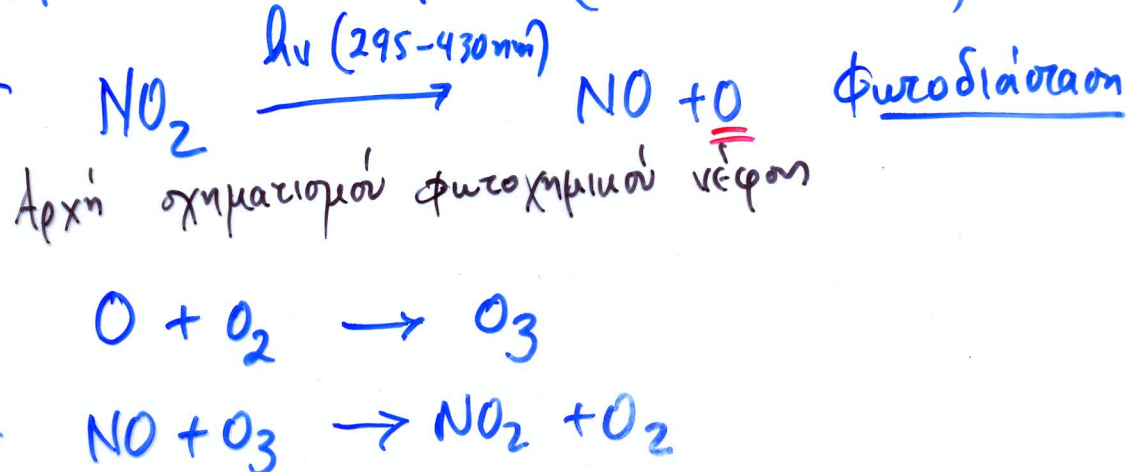
22

Χρόνος παραμονής στην ατμόσφαιρα: NO - 4η μέρες
Φωτοχημικές αντιδράσεις NO₂ - 3 ημέρες

hν ηλιακή με μικρή ενέργεια



Φωτοχημικός κύκλος οξείδωσης αζώτου



Οξείδωση NO_x προς HNO₃ (νιτρικό οξύ)

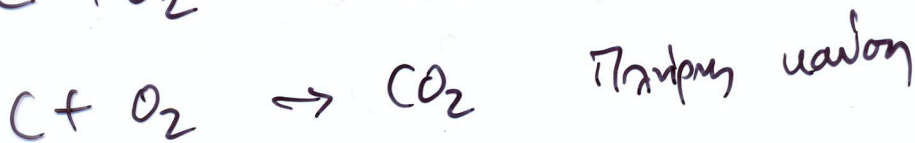


Απομάκρυνση με όξινη βροχή

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Ανθρωπογενείς πηγές : Αυτοκίνητα, εμακαοσάσεις παράγωγης ενέργειας και θέρμανσης

Βασικό προϊόν της αεχλής καύσης του C (άνθρακα)



Φυσικές πηγές : Ηφαίστεια, φυσικά αέρια, δασική πυρκαχίς
Βακτηριακή δράσεις, οξείδωση υδροθάνων θράυων

Συμμεντρώσεις : (υπέρως CH₄) στην ατμόσφαιρα
0,1 ppm (ύψαιθρος) - 15 ppm (κατοικημένη περιοχή) - 50 ppm (Σηράφης Γκαράς)

Μηχανισμοί απομάκρυνσης CO (Χρόνος παραμονής: 36 η/έρς)

- Χημική διεργασία
 $\text{CO} + \text{O} \rightarrow \text{CO}_2$
 $4\text{CO} + 2\text{NO}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + \text{N}_2$
- Φυσική διεργασία
Δίοση από μικροοργανισμούς του εδάφους (αετοαδαρισμοί)

Ανυπαρξία εχθιδρω εδάφους στις αστική περιοχή.
Εμποδίζονται μηχανισμοί αετοαδαρισμοί

Τοξικότητα μονοξειδίου του άνθρακα *

Αέριο άχρωμο, άοσμο, άγλυκο
Πρόσδεση στην αιμοχρωβίνη του αίματος στη
(Hb)
θέση που κανονικά καταλαμβάνει το O₂



Καρβοξυ-αιμοχρωβίνη

Ανοξαιμία - Πλημμελής οξυγόνωση των ιστών

↳ κεφαλαλγία
ναυτία
θάνατος

Θέρμανση με ματρία
> 100 ppm : θανατηφόρος
συγκέντρωση

Μεγάλες συγκεντρώσεις CO και στον καπνό του τσιγάρου.
(0,15 - 4% v/v)

Μη-καπνιστές: 1,3% CO-Hb

Καπνιστές 10 τσιγάρων: 3,8% CO-Hb

Καπνιστές 40 τσιγάρων: 7% CO-Hb

Περιορισμός επιπομπών CO

Καυστήρες αυτοκινήτων

Καλύτερη

Λειτουργία κινητήρα

Χρησιμοποίηση καταλύτη

Υποξείδιο του αζώτου (N₂O) ← Είναι και αέριο θερμοκηπίου

Αέριο που προέρχεται από μικροοργανισμούς του εδάφους
(Ανοξυγονοποιητικά βακτήρια που αποικοδομούν πρωτεΐνες)

Όταν φτάσει στη σφαιρική επιφάνεια φυτοχημικά που το οδηγεί να μετατραπεί σε NO (N₂O → NO)

↳ Καταλύτης για καταστροφή σφαιρικών όζοντος

Υδρογονάνθρακες - Οργανικές Ενώσεις H₂C OC_s

Μεγάλος αριθμός H₂C ιδιαίτερα σε ατμόσφαιρα αστικών κέντρων
Κορεσμένοι - Ακόρεστοι - Αρωματικοί - Υπερικοί κ' πολυκυκλικοί
Τερπένια - Αλδεΐδες - κετόνες - Οξέα - Οργανοχλωριωμένες ενώσεις

Αέρια φάση : Πτητικές οργανικές ενώσεις
(VOCs) $P_a > 0,01 \text{ mmHg (25}^\circ\text{C)}$

Αέρια + σωματιδιακή φάση : Ημιπτητικές οργανικές ενώσεις
(SVOCs) $P_a \sim 10^{-8} - 10^{-12} \text{ mmHg}$

Πηγή : Φύσις
85% CH₄ (μεθάνιο) από φυσική πηγή
→ Αναερόβια μικροβιακή αποικοδόμηση οργανικής ύλης στα νερά, τα εδάφη και στο έδαφος
→ Βιολογικές δραστηριότητες ανώτερων φυτών και ζώων (π.χ. μικροβιακής δράσης εντέρων).

Βλάστηση : Αιθυλένιο (H₂C=CH₂) από πράσινο φυτών
8% των H₂C της ατμόσφαιρας { Ισοπρένια + Μονοπρένια (υπερικοί) από φύλλα κωνοφόρων και εσπεριδοειδών (δραστικά αλκένια) εκπέμπονται

Ανθρωπογενής : Λιγότερο από 15%
Διαφυγή υγραερίου, εξάχνιση πετρελαιοειδών, καύση υγρών και στερεών καυσίμων

Αλκένια → Μηχανή εσ. καύσης (Αυτοκινητά)
↳ Διυγιστήρια Μηχανή καύση αλκαλίων

Αιθυλένιο - Προπυλένιο - Βουταδιένιο - Στυρένιο : Μεγάλη ζήτηση, παραγωγή στη χημική βιομηχανία (Παραγωγή πλαστικών, συνθετικών ελαστικών, κλπ)

Μηχανισμοί απομάκρυνσης ΗCs

HCs + Ελεύθερη ρίζη OH και O_2H

CH_4 : Όχι φωτοχημικά δραστικό

Χημικά Φωτοχημικοί νέφος

Τερπένια: πολύ δραστικοί ΗCs μέσω του διηλεκτρικού που ηρετίζουν

+ OH
+ O_3 } \Rightarrow Παραγωγή αεροζόλ - Γαλαζωπή αχνός
στην ατμόσφαιρα περιοχών
μεγάλης βλάστησης

Χρήση καταλύτη στα αυτοκίνητα για περιορισμό των εκπομπών τους.

Αιωρούμενα σωματίδια (particulate matter) ή αεροζόματα (aerosols)

Στερεά σωματίδια και σαρονίδια με διάμετρο μεταξύ $(2 \cdot 10^{-3} - 200) \mu\text{m}$
που βρίσκονται σε διασπορά στην αέρια φάση της ατμόσφαιρας.

Συόν εδάφους, θαλάσσια σαρονίδια, καπνός, σμίχλη, υήνη, ιπτάμενη τέφρα

Αεροζόλ ($d < 50 \mu\text{m}$): Κοχλιοειδείς διασπορές
(καπνός, σμίχλη)

Πηγές: Φυσική: Οικανοί, έδαφος, ηφαίστεια, φυσική πυρκαγιά
Ανθρωπική: Βιομηχανία, θέρμανση, κυκλοφορία

Διηρηστές
↓
(Καύση, ζριβή
διαβρωση, κακακρημα-
τιογός υηικών)

Δυσμεροχρή σωματίδια: Πυρήνωση + συμπύκνωση ατμής

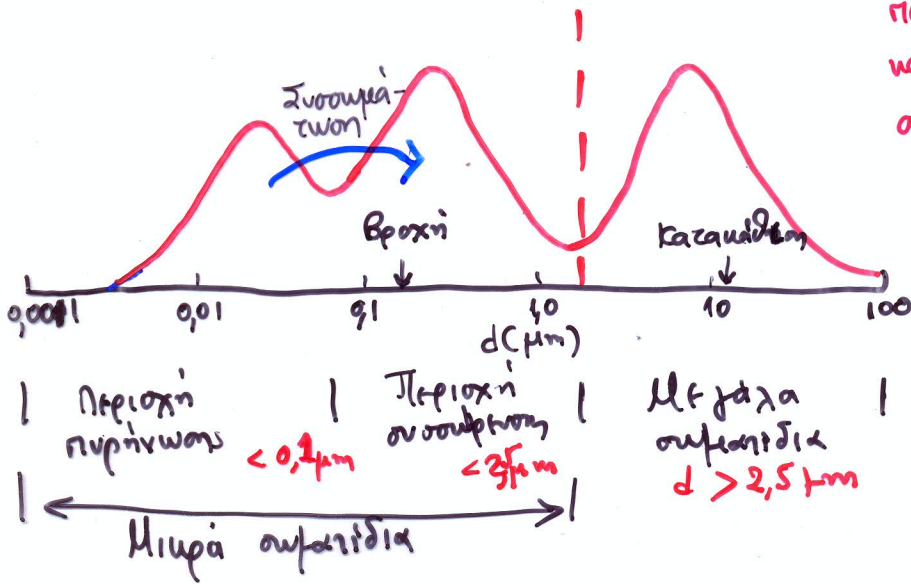
Πολύ μικρά
Δεν δημιουργούν περιβαλλο-
νικά προβλήματα αλλά
συσσωματώνονται προς μεγαλύτερα

[Πυρήνωση Αιτωση]
↓
 $d < 0,1 \mu\text{m}$

Ισοδύναμη αεροδυναμική διάμετρος (r)

Για μη σφαιρικό σωματίδιο με $\rho \neq 1 \text{ gr/cm}^3$ είναι η διάμετρος μιας σφαίρας με $\rho = 1$ που έχει την ίδια ταχύτητα πτώσης στον αέρα με το εν λόγω σωματίδιο

r : Χρήσιμη παράμετρος που σχετίζεται με το χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα και με την απόδοσή της στο αναπνευστικό σύστημα.



Χημική σύσταση - Ιδιότητες

Ποικίλη ανάλογα με την προέλευση και επίσης αλλοιώνεται από αλλαγές σωματιδίων μεταξύ τους ή με αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας

Γενικά $\left\{ \begin{array}{l} \text{Ανόργανη φάση (Στερεό ανόργανο υλικό, υδατοδιαλυτά} \\ \text{ανόργανα άλατα, στοιχεία } C, H, N) \\ \text{Οργανική φάση (οργανικός άνθρακας)} \end{array} \right.$

Π.χ. Μικρά σωματίδια μέχρι και 40% οργ. C
Μεγάλα \rightarrow Πιο πολύ ανόργανη φάση

Ταχύτητα πτώσης: Νόμος Stokes

$$V_{op} = \frac{2g(d-d') \cdot r^2}{9\eta}$$

d : ακτίνα σωματιδίου
 d' : ακτίνα ατμόσφαιρας
 η : συντελεστής ιξώδους

V_{op} ανάλογη του r^2

r : ισοδύναμη αεροδυναμική ακτίνα

Αν $d > d' \Rightarrow V_{op} > 0 \Rightarrow$ Καθωδικοί κίνηση

Αν $d < d' \Rightarrow V_{op} < 0 \Rightarrow$ Ανωδικοί κίνηση

Αν $2r > 10\mu\text{m} \Rightarrow$ Υορ αμετά μεγάλη ($> 1 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$)

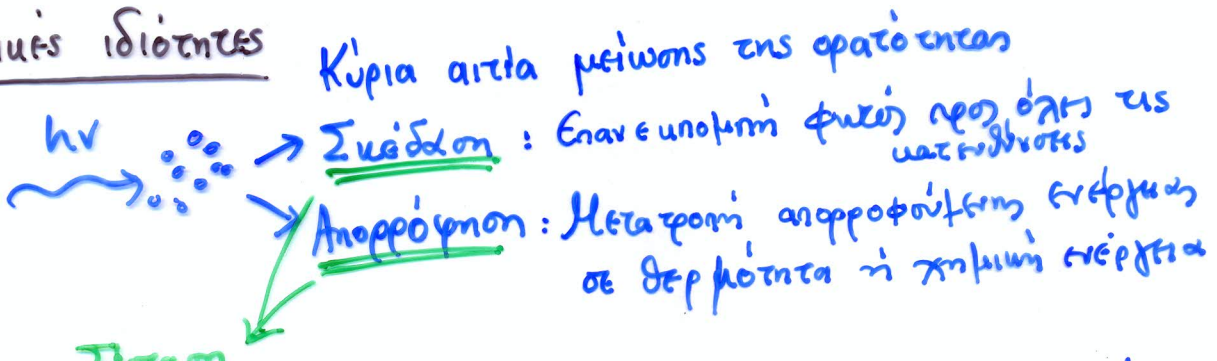
Πιπτούσα σπόρη - Ξηρή απόθεση
κατακλιούνται λόγω βαρύτητας

Αν $2r < 10\mu\text{m} \Rightarrow$ Υορ μικρή \Rightarrow Παραμένουν σε αιώρηση στην
ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Προσρόφηση:
λόγω μικρής μεγέθους \rightarrow μεγάλη ενέργεια επιφάνεια
ανά μονάδα μάζας ($\frac{A}{\rho \cdot V}$)
 $10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{g}}$

Προσρόφηση μορίων
από την αέρια φάση
Μετάλλα, SVOCs \Rightarrow Αύξηση τοξικότητας σωματιδίων

Οπτικές ιδιότητες



Σύσταση
Σχηματισμός
Μεγέθος

Μεγαλύτερη μείωση της ορατότητας λόγω
συνδρόμου από σωματίδια μεγέθους (400-800)nm

Περιοχή	Αιωρήσιμα σωματίδια ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ορατότητα (Km)
Υπαιθρος	30	40
Προαστια	100	12
Κέντρο πόλης	200	6
Βιομηχ. περιοχή	700	1,6

Επιπτώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην υγεία

Μείγδος - Χημική σύσταση

Εισπνεύσιμο υάλομα $d \leq 10 \mu\text{m}$ (PM₁₀)

Είσοδος στο αναπνευστικό σύστημα

Αν $d > 7,0 \mu\text{m}$ σταματάν στη ρινική κοιλότητα

Θωρακικά $d \leq 7,0 \mu\text{m}$

Διαπερνάν ρινική κοιλότητα

Αναπνεύσιμο υάλομα $d \leq 2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2,5})

Τερματικοί βρόγχοι + ογκογονική ωψεχίδη

Το σημαντικότερο από ηχηράς επιπτώσεων στην υγεία

Βιολογική επίδραση: Μέρη \rightarrow χρόνια ανάφορα με τη χημική τους σύσταση

Μακροχρόνια επίδραση: Πνευμονοκαρκίνος, Άσθμα, Καρδιοαγγειακή

Επαγγελματίες ασθενείς

Πυριτιδόση, βαρίωση, μαστίγωση, βιοσίτωση (αλλεργική αντίδραση σε σπόνη βακτηρίων)

Σύμνη από λίγη αμιάντου

↓
Αμιάντωση
Μεσοθωράκιο
Καρκίνο πνευμόνων

\rightarrow Εισαγωγή απενδύσης στις ωψεχίδη

↓
Λεπτός ιστός ήρω-ήρω

↓
Ανώχια ελαστικότητας πνευμόνων

Πιο επικίνδυνος ίνες με μήκος $> 5 \mu\text{m}$

και πάχος $< 3 \mu\text{m}$ και λόγος $\frac{\text{Μήκος}}{\text{Πάχος}} > 3$

↓
Θεσμοθετημένη ανώτατη επιτρεπτή συγκέντρωση για την ελεύθερη ατμόσφαιρα και για την ατμόσφαιρα εσωτερικών χώρων.

Ρόλος αιωρούμενων σωματιδίων στη διαμόρφωση του κλίματος

Αιωρούμενα σωματίδια τροπόσφαιρας επηρεάζουν κλίμα με δύο τρόπους

α) ΑΜΕΣΑ : Ανάκλαση και απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας

↓
Φαινόμενο albedo (λευκάσμα)

Αύξηση ποσοστού ηλιακής ακτίνιας που επιστρέφει στο διάστημα από το σύστημα γη-ατμόσφαιρα.

↓
Αναμένονται μικρότερη θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα.

β) ΕΜΜΕΣΑ : Μεταβολή της διάρκειας ζωής και των οπτικών ιδιοτήτων των νεφών

→ Τα υδροσωληνικά σωματίδια (με μεγάλη διαλυτότητα στο νερό) όπως π.χ. κείρα που περιέχουν $NaCl$, Na_2SO_4 , $MgCl_2$ κ.α. χρησιμοποιούνται ως πυρήνες συμπύκνωσης και οδηγούν σε αυξημένη δημιουργία νεφών. (CCN)

→ Τα νέφη που έχουν υψηλή συγκέντρωση CCN έχουν σταγονίδια πιο μικρό μέγεθος που δεν δίνουν εύκολα βροχή → Παράταση χρόνου ζωής νεφών → Ανάκλαση μέρους ηλιακής ακτινοβολίας → Μείωση θερμοκρασία ατμόσφαιρας

Άρα δράση αντίθετη με τα αέρια θερμοκηπίου.

Παράδειγμα : Ιούνιος 1991 - Έκρηξη ηφαιστείου Ρινάτιμπο (Φιλιππίνες)

20-30 Mt θειικά αεροζόλια στην ατμόσφαιρα
+ 3,8% αύξηση ανακλίνουσας ηλ. ακτινοβολίας
1992 : ~~0,6~~ 0,6°C μείωση θερμοκρασία του ηπαιήτου

Περιορισμός επιτομικών αιωρούμενων σωματιδίων

Συστήματα αποκονίωσης αεραγωγών

- Θάλαμος βαρύτητας (Βαρύτητα) $d > 50 \mu m$
- Αεροκλιτών (Φυγοκεντρικός διαχωρισμός) $d > 1 \mu m$
- Πύργοι ενοποίησης (Υψηλή δόξωση) $d > 0,05 \mu m$
- Λευκά φίλτρα (Διήθηση) $d > 0,01 \mu m$
- Ηλεκτροστατική φίλτρα (Ηλεκτρο/μη διάθεση) $d > 0,001 \mu m$

Χρησιμοποίηση κωσιμω χαμηλής επιτομής

- Κάουσι τετραχάιου diesel αντί μαλαίσι
- Κάουσι βιομάλας, ξύλου + κάρβουνα \rightarrow Υψηλής σωματιδιακής επιτομής
- Κάουσι υφραίου + κροδίου \rightarrow Σημαντική χαμηλότερη επιτομής

Ρύπανση της ατμόσφαιρας από το αυτοκίνητο

Εκπομή κωσαέριων στο ύψος αναπνοής του ανθρώπου \rightarrow Συμμετοχή αυτοκινήτου στη ρύπανση αστικών περιοχών.
CO: 60% , NO_x: 30% , HC: 60% , SO₂: 3,5%

Κωσαέρια αυτοκινήτων: Είδος και κωκότητα κινήτρια, ποιότητα των κωσιμω, ανθρική οδήγηση

Βενδινουίντητα: CO, HC, NO_x και Pb (αιθάλη και SO₂ λίγο)

Μηχανή diesel: NO_x, αιθάλη, HC, CO, SO₂ και αλδεδή

Πρόβλημα \downarrow επιτομή σωματιδίων

Σωματιδια με προσοφημένωσ πυκνωκικήσ αρωμακίωσ HC (καρμινογόνωσ ή μεταλλωδογόνωσ δρσίση)