

ANALYTIKH XHMEIA



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837

ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ,
ΑΓΡΟΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ

ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ – ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΦΡΑΣΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ



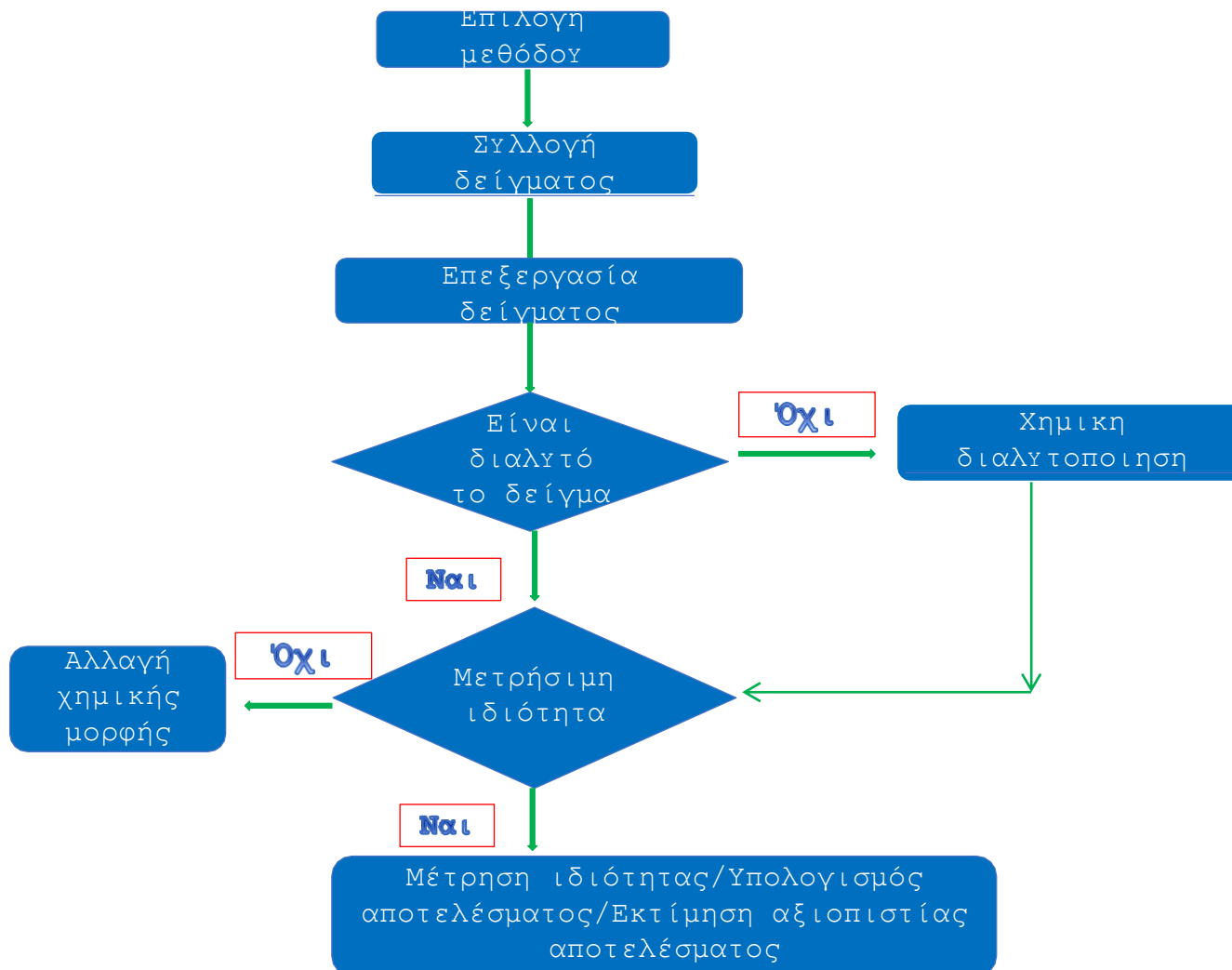
Δρ. Παύλος Πανδής (Χημικός Μηχανικός)
Δημήτρης Φραγκούλης (Χημικός Msc, PhDc)

Δρ. Βασίλειος Σταθόπουλος (Χημικός)
vasta@uoa.gr **(ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ)**

Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών
<http://lcmt.agro.uoa.gr/>

Αιθ. Β013, Συγκρότημα Ευρίπου
ΕΚΠΑ

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΟΣΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

- ❑ **Διάλυμα:** κάθε ομογενές σύστημα, αποτελούμενο από δυο ή περισσότερες χημικές ουσίες, που έχει την ίδια σύσταση σε όλη τη μάζα του.
- ❑ **Ετερογενές σύστημα:** αποτελείται από δύο ή περισσότερα ομογενή μέρη, που καλούνται **φάσεις** του συστήματος
 - Ο όρος «ομογενές» δεν ισχύει σε μοριακή κλίμακα, εξαιτίας της τυχαίας κατανομής των μορίων της διαλυμένης ουσίας σε όλη τη μάζα του διαλύματος.
 - Πρακτικά όμως τα διαλύματα των πειραμάτων περιέχουν δισεκατομμύρια μόρια και θεωρούνται «ομογενή» συστήματα.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

➤ **Ανάλογα με τη φάση:**

- Αέρια διαλύματα
- Υγρά διαλύματα
- Στερεά διαλύματα

ΥΓΡΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

- ❖ Ουσία που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία σε ένα διάλυμα συνηθίζεται να ονομάζεται **διαλυτικό μέσο** ή **διαλυτικό** ή **διαλύτης (solvent)**.
- ❖ Ουσία σε μικρότερη αναλογία, λέγεται **διαλυμένη ουσία (solute)**.

Όροι σχετικοί, μπορούν να αναστραφούν αν μεταβληθούν οι αναλογίες ή χάριν ευκολίας:

- Υδατικά διαλύματα αλκοόλης (αλκοόλη σε μικρότερη αναλογία)
- Αλκοολικά διαλύματα (αλκοόλη σε μεγαλύτερη αναλογία).
- Σε υδατικά διαλύματα H_2SO_4 το H_2SO_4 θεωρείται η διαλυμένη ουσία ανεξάρτητα από την αναλογία.
- Σε περίπτωση διαλύσεως στερεού σε υγρό, ο όρος "διαλύτης" αναφέρεται στο υγρό συστατικό, ανεξάρτητα από αναλογία στο διάλυμα.

ΔΙΑΛΥΜΕΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

□ Σύσταση διαλύματος

- Ακόρεστο διάλυμα: Σε αυτό μπορεί να διαλυθεί επιπλέον ποσότητα διαλυμένης ουσίας
- Κορεσμένο διάλυμα: Περιέχει τη μέγιστη δυνατή ποσότητα διαλυμένης ουσίας και βρίσκεται σε ισορροπία με ποσότητα αδιάλυτης ουσίας.

ΔΙΑΛΥΜΕΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

□ **Διαλυτότητα ουσίας:** ορίζεται η συγκέντρωση κορεσμένου διαλύματος της ουσίας σε ορισμένη θερμοκρασία.

➤ Ουσίες

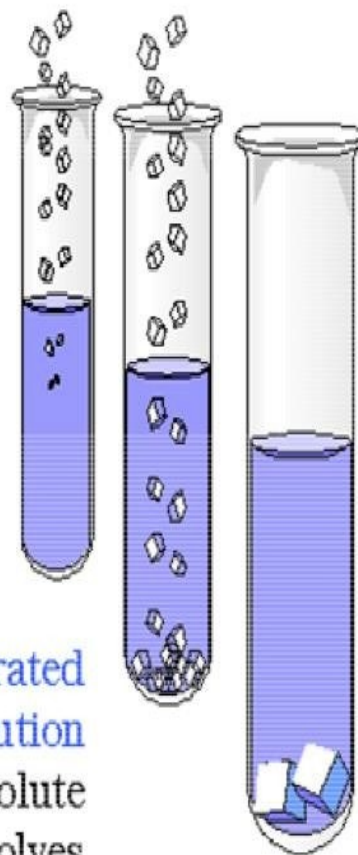
- **Ευδιάλυτες:** διαλύονται άφθονα σε ένα διαλύτη
- **Δυσδιάλυτες:** διαλύονται ελάχιστα
- **Αδιάλυτες:** δεν διαλύονται

ΔΙΑΛΥΜΕΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

- Υπέρκορο διάλυμα: όταν περιέχει ποσότητα διαλυμένης ουσίας μεγαλύτερη από τη διαλυτότητά της.
- Σχηματισμός υπέρκορων διαλυμάτων συνεπάγεται ατελή καθίζηση, προκαλεί σφάλματα στην ποιοτική και (κυρίως) στην ποσοτική ανάλυση
- Τα υπέρκορα διαλύματα είναι ασταθή
- Ο σχηματισμός τους αποφεύγεται με ανάδευση, τριβή τοιχωμάτων δοχείου, προσθήκη κρυστάλλου διαλυμένης ουσίας, οπότε η πλεονάζουσα ποσότητα διαλυμένης ουσίας αποβάλλεται υπό μορφή ιζήματος.

Saturated Solutions

unsaturated
solution
more solute
dissolves



saturated
solution
no more solute
dissolves

supersaturated
solution
added crystals
grow

ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ

❑ **Ηλεκτρολύτες:** Όλες οι ουσίες, που τα διαλύματά τους άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.

✓ Π.χ. άλατα (NaCl), βάσεις (KOH), οξέα (HCl)

➤ **Ισχυροί ηλεκτρολύτες**

➤ **Ασθενείς ηλεκτρολύτες**

– Διάλυμα αραιό ή πυκνό (με βάση τη συγκέντρωση)

– Διάλυμα ασθενούς ή ισχυρού ηλεκτρολύτη (με βάση την ειδική αγωγιμότητα)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Ευχέρεια στη λύση προβλημάτων αφορά όχι μόνο την **Αναλυτική Χημεία**, αλλά κάθε επιστημονική ερευνητική ή επαγγελματική εργασία.
- **Απαιτείται** μεθοδική και όχι μηχανική επίλυση προβλημάτων και εξάσκηση με την επίλυση μεγάλου αριθμού προβλημάτων.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά την εύρεση του αποτελέσματος γίνεται έλεγχος ορθότητας με ερωτήσεις:

- ✓ Είναι ορθό το αποτέλεσμα;
- ✓ Μήπως είναι πολλαπλάσιο ή υποπολλαπλάσιο της αληθούς τιμής;
- ✓ Μήπως βρίσκεται έξω από τα επιτρεπόμενα όρια;
- ✓ Οι μονάδες του αποτελέσματος είναι αυτές που αναμένονται;

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παράδειγμα ελέγχου αποτελέσματος:

Να υπολογισθεί ο αριθμός γραμμαρίων που υπάρχουν σε 0,0200 mol K_2CrO_4

- Βρίσκουμε ότι υπάρχουν:
 $0,0200 \text{ mol} \times 194,2 \text{ g/mol} = 3,88 \text{ g}$
- Οι μονάδες είναι οι αναμεόμενες και μπορούμε να προχωρήσουμε στον έλεγχο.
- Εάν κατά λάθος διαιρούσαμε, οι μονάδες θα ήταν mol^2/g και αυτό είναι απόδειξη λανθασμένου υπολογισμού.

ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΦΡΑΣΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

□ **Συγκέντρωση (Concentration, C):** η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας που υπάρχει σε ορισμένη ποσότητα διαλύματος ή διαλύτη.

➤ Συγκέντρωση εκφράζεται με:

- Φυσικές μονάδες
- Χημικές μονάδες

ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΦΡΑΣΗΣ ΣΥΤΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Μονάδες διαλυμένης ουσίας	Μονάδες διαλύματος ή διαλύτη	Μονάδες συγκεντρώσεως	
Φυσικές μονάδες			
g	100 g διαλύματος	g/100 g	διαλύματος (% κατά βάρος, w/w)
mL	100 mL διαλύματος	mL/100 mL	διαλύματος (% κατ'όγκο, v/v)
g	100 mL διαλύματος ή διαλύτη	g/100 mL	διαλύματος ή διαλύτη (% κατά βάρος προς όγκο, w/v)
g	L διαλύματος	g/L	διαλύματος
mg	mL διαλύματος	mg/mL	διαλύματος
mg	L διαλύματος	mg/L	διαλύματος
μg	mL διαλύματος	μg/mL	διαλύματος
Χημικές μονάδες			
mol	L διαλύματος	mol/L	διαλύματος (μοριακότητα, M)
mmol	mL διαλύματος	mmol/mL	διαλύματος (μοριακότητα, M)
gfw	L διαλύματος	gfw/L ή fw/L	διαλύματος (τυπικότητα, F)
mfw	mL διαλύματος	mfw/mL	διαλύματος (τυπικότητα, F)
eq	L διαλύματος	eq/L	διαλύματος (κανονικότητα, N)
meq	mL διαλύματος	meq/mL	διαλύματος (κανονικότητα, N)
mol	1000 g διαλύτη	mol/1000 g	διαλύτη (μοριακότητα κατά

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

- **% κατά βάρος, % w/w, % κ.β.:** g διαλυμένης ουσίας σε 100 g διαλύματος
- **% κατ' όγκο, %κ.ο., % v/v:** mL διαλυμένης ουσίας σε 100 mL διαλύματος
- **% κατά βάρος προς όγκο, % w/v:** g διαλυμένης ουσίας σε 100 mL διαλύματος
- **Γραμμάρια διαλυμένης ουσίας σε ένα λίτρο διαλύματος:** g/L
- **Χιλιοστόγραμμα διαλυμένης ουσίας σε ένα χιλιοστόλιτρο διαλύματος:** mg/mL

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

- **Μέρη ανά εκατομμύριο, parts per million, ppm:** μέρη βάρους διαλυμένης ουσίας σε 1.000.000 μέρη βάρους (ή όγκου, εάν $d = 1$) διαλύματος.
 - Χρησιμοποιείται για την έκφραση πολύ μικρών συγκεντρώσεων
 - Για υδατικά διαλύματα:
 $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L} = 1 \text{ }\mu\text{g/mL}$
 - Για εξαιρετικά μικρές συγκεντρώσεις χρησιμοποιείται και η μονάδα **μέρη στο δισεκατομμύριο, ppb**
 - $1 \text{ ppb} = 1 \mu\text{g/L} = 1 \text{ ng/mL}$

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

- Για την έκφραση πολύ μικρών συγκεντρώσεων

Μέρη στο εκατομμύριο (ppm: parts per million)

π.χ. Υδατικό διάλυμα NaOH 1 ppm σημαίνει ότι έχουν διαλυθεί

1 g υδροξειδίου του νατρίου σε 1.000.000 g νερού

1 mg υδροξειδίου του νατρίου σε 1.000 g νερού

1 μ g υδροξειδίου του νατρίου σε 1 g νερού

- ❖ Επειδή για το νερό η πυκνότητα είναι 1 g/mL, δηλαδή 1 mL έχει μάζα 1 g ισχύει ότι:

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg}/1000\text{g} = 1 \text{ mg}/\text{Kg} = 1 \text{ mg}/\text{L} = 1 \mu\text{g}/\text{g} = 1 \mu\text{g}/\text{mL}$$

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

- Για την έκφραση πολύ μικρών συγκεντρώσεων
 - **Μέρη στο δισεκατομμύριο (ppb: parts per billion)** μέρη βάρους της διαλυμένης ουσίας σε 1.000.000.000 μέρη βάρους (ή όγκου εάν $d = 1$) του διαλύματος.
 - Για υδατικά διαλύματα:
$$1 \text{ ppb} = 1 \mu\text{g/L} = 1 \text{ ng/mL}$$

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

- Για την έκφραση πολύ μικρών συγκεντρώσεων

Μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb: parts per billion)

π.χ. Υδατικό διάλυμα NaOH 1 ppb σημαίνει ότι έχουν διαλυθεί

1 g υδροξειδίου του νατρίου σε 1.000.000.000 g νερού

1 mg υδροξειδίου του νατρίου σε 1.000.000 g νερού

1 μg υδροξειδίου του νατρίου σε 1.000 g νερού

1 ng υδροξειδίου του νατρίου σε 1 g νερού

- ❖ Επειδή για το νερό η πυκνότητα είναι 1 g/mL, δηλαδή 1 mL έχει μάζα 1 g ισχύει ότι:

$$1 \text{ ppb} = 1 \mu\text{g}/1000\text{g} = 1 \mu\text{g}/\text{Kg} = 1 \mu\text{g}/\text{L} = 1 \text{ ng}/\text{g} = 1 \text{ ng}/\text{mL}$$

ΝΟΜΟΣ ΑΡΑΙΩΣΗΣ

- **Παρασκευή αραιών διαλυμάτων από πυκνότερα**
Η παρασκευή αραιών διαλυμάτων από πυκνότερα (αραίωση) γίνεται λαμβάνοντας υπόψη το νόμο της αραίωσης:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

όπου:

C_1 είναι η συγκέντρωση του αρχικού (πυκνού) διαλύματος

V_1 είναι ο όγκος του αρχικού (πυκνού) διαλύματος που λαμβάνεται προς αραίωση

C_2 είναι η επιθυμητή συγκέντρωση του τελικού (αραιού) διαλύματος

V_2 είναι ο όγκος του τελικού (αραιού) διαλύματος

Παράδειγμα

Λαμβάνονται 60 mL διαλύματος NaCl συγκέντρωσης 0,5 M και αραιώνονται μέχρι τα 1,5 L. Ποια είναι η συγκέντρωση, σε M, του διαλύματος που προκύπτει;

$$C_{αρχ} \cdot V_{αρχ} = C_{τελ} \cdot V_{τελ} \Rightarrow$$

$$C_{τελ} = \frac{C_{αρχ} \cdot V_{αρχ}}{V_{τελ}} = \frac{0,5M \cdot 60mL}{1,5L} = \frac{0,5M \cdot 0,06L}{1,5L} =$$
$$= 0,02mol/L$$

Παράδειγμα

Η συγκέντρωση πυκνού HCl είναι 12,1 M. Πόσα mL από το πυκνό αντιδραστήριο πρέπει να διαλυθούν σε νερό για να παρασκευαστεί 1 L διάλυμα HCl 1 M;

$$C_{αρχ} \cdot V_{αρχ} = C_{τελ} \cdot V_{τελ} \Rightarrow$$

$$V_{αρχ} = \frac{C_{τελ} \cdot V_{τελ}}{C_{αρχ}} = \frac{1M \cdot 1L}{12,1M} = 0,0826L = 82,6mL$$

Παράδειγμα

Πόσα mL από το διάλυμα NaCl 0,4 M απαιτούνται ώστε να παρασκευαστεί διάλυμα NaCl 0,1 M και όγκου 100 mL.

$$C_{αρχ} \cdot V_{αρχ} = C_{τελ} \cdot V_{τελ} \Rightarrow$$

$$V_{αρχ} = \frac{C_{τελ} \cdot V_{τελ}}{C_{αρχ}} = \frac{0,1M \cdot 100mL}{0,4M} = 25mL$$

Παράδειγμα

Λαμβάνονται 40 mL διαλύματος NaOH συγκέντρωσης 0,5 M και αραιώνονται μέχρι τα 0,2 L. Ποια είναι η συγκέντρωση, σε M, του διαλύματος που προκύπτει;

$$C_{αρχ} \cdot V_{αρχ} = C_{τελ} \cdot V_{τελ} \Rightarrow$$

$$C_{τελ} = \frac{C_{αρχ} \cdot V_{αρχ}}{V_{τελ}} = \frac{0,5M \cdot 40mL}{0,2L} = \frac{0,5M \cdot 0,04L}{0,2L} =$$
$$= 0,1mol/L$$

Παράδειγμα

Ένα διάλυμα H_2SO_4 έχει $d=1,28 \text{ g/mL}$ και περιεκτικότητα 37,0 % κ.β. Πόσα g H_2SO_4 περιέχονται σε 1L διαλύματος;

1L διαλύματος αντιστοιχεί σε μάζα:

$$m(g) = V(mL) \times d(g/mL) = 1000mL \times 1,28g/mL = 1280g$$

Σε 100g διαλύματος περιέχονται 37g H_2SO_4

στα 1280g x ;

$$x = \frac{37g \cdot 1280g}{100g} = 473,6g$$

Παράδειγμα

Το θαλασσινό νερό περιέχει 904 ppm θείου. Ποια είναι η % περιεκτικότητά του σε θείο;

904 ppm S:

904mg S σε 1000g θαλασσινό νερό

Άρα σε 1000g θαλασσινό νερό περιέχονται 0,904g S

σε 100g

x;

$$x = \frac{0,904g \cdot 100g}{1000g} = 0,0904\%$$

Παράδειγμα

Ένα κράμα Αργιλίου περιέχει 0,01% κ.β. πυρίτιο (Si). Πόσα ppm Si περιέχονται στο κράμα αλουμινίου;

Σε 100g αλουμινίου περιέχονται 0,01g Si.

Δηλαδή σε 100g αλουμινίου περιέχονται 10mg Si

στα 1000g x ;

$$x = \frac{10mg \cdot 1000g}{100g} = 100ppm$$