

Χημεία Α΄ Λυκείου

Διαλύματα

Διάλυμα είναι ένα ομογενές μίγμα δύο ή περισσότερων ουσιών, οι οποίες αποτελούν τα συστατικά του διαλύματος. Από τα συστατικά αυτά, εκείνο που έχει την ίδια φυσική κατάσταση με αυτή του διαλύματος και βρίσκεται συνήθως σε περίσσεια, ονομάζεται **διαλύτης**. Τα υπόλοιπα συστατικά του διαλύματος ονομάζονται **διαλυμένες ουσίες**. Στις πιο απλές περιπτώσεις ένα διάλυμα περιέχει μία μόνο διαλυμένη ουσία. Τα πιο συνηθισμένα διαλύματα είναι τα **υδατικά**, όπου ο διαλύτης είναι το νερό. Για παράδειγμα, αν διαλύσουμε αλάτι στο νερό, το αλατόνερο που προκύπτει είναι το διάλυμα, το αλάτι είναι η διαλυμένη ουσία και το νερό είναι ο διαλύτης.

Περιεκτικότητες διαλυμάτων

Η περιεκτικότητα εκφράζει την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας που περιέχεται σε ορισμένη ποσότητα διαλύματος. Συχνά χρησιμοποιούνται οι όροι **πυκνό** και **αραιό** διάλυμα για διαλύματα σχετικά μεγάλης ή σχετικά μικρής περιεκτικότητας αντίστοιχα. Αν ένα διάλυμα περιέχει περισσότερες από μία διαλυμένες ουσίες, θα έχει τόσες περιεκτικότητες όσες είναι και οι διαλυμένες ουσίες του.

Τρόποι έκφρασης της περιεκτικότητας ενός διαλύματος

Η έκφραση της περιεκτικότητας ενός διαλύματος έχει, γενικά, τη μορφή:

$$x \% \frac{w \text{ ή } v}{w \text{ ή } v}$$

διαλ. ουσία / διάλυμα

που δείχνει ότι σε 100 g ή mL διαλύματος περιέχονται x g ή mL διαλυμένης ουσίας.

Το σύμβολο **w** (weight: βάρος) σημαίνει μέτρηση της ποσότητας σε **g** ενώ το σύμβολο **v** (volume: όγκος) σημαίνει μέτρηση της ποσότητας σε **mL**.

Έτσι έχουμε:

1. Περιεκτικότητα επί τοις εκατό βάρος κατά βάρος (% w/w)

Εκφράζει τα g της διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 100 g διαλύματος.

Για παράδειγμα, διάλυμα ζάχαρης 5% w/w σημαίνει ότι στα 100 g διαλύματος περιέχονται 5 g ζάχαρης.

2. Περιεκτικότητα επί τοις εκατό βάρος κατ' όγκο (% w/v)

Εκφράζει τα g της διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 100 mL διαλύματος.

Για παράδειγμα, διάλυμα NaOH 8% w/v σημαίνει ότι στα 100 mL διαλύματος περιέχονται 8 g NaOH.

3. Περιεκτικότητα επί τοις εκατό όγκο κατ' όγκο (% v/v ή αλκοολικοί βαθμοί)

Εκφράζει τα mL της διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 100 mL διαλύματος.

Χρησιμοποιείται συνήθως για την έκφραση της περιεκτικότητας των αλκοολούχων διαλυμάτων (ποτών, υγρών φαρμακευτικών σκευασμάτων κ.ά.) σε οινόπνευμα.

Για παράδειγμα, η ένδειξη 11,5% v/v ή 11,5% vol ή 11,5° (αλκοολικοί βαθμοί) σε ένα κρασί σημαίνει ότι στα 100 mL κρασιού περιέχονται 11,5 mL οινόπνευμα.

Χημεία Α΄ Λυκείου

Χρησιμοποιείται επίσης και για την έκφραση της περιεκτικότητας ενός αερίου σε ένα αέριο μίγμα. Για παράδειγμα, η έκφραση ότι ο αέρας περιέχει 20% v/v O₂ σημαίνει ότι στα 100 mL αέρα περιέχονται 20 mL O₂.

Συγκέντρωση (c) ή μοριακότητα κατ' όγκο ή Molarity (M) διαλύματος

Η συγκέντρωση (ή μοριακότητα κατ' όγκο ή Molarity) ενός διαλύματος εκφράζει τα mol της διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 1 L διαλύματος. Επομένως:

$$c = \frac{n}{V}$$

όπου:

c η συγκέντρωση του διαλύματος

n ο αριθμός mol της διαλυμένης ουσίας

V ο όγκος του διαλύματος σε L

Άρα, μονάδα μέτρησης της συγκέντρωσης είναι το **mol/L** ή **M**.

Για παράδειγμα, διάλυμα HCl 2 M περιέχει 2 mol HCl σε 1 L διαλύματος.

▪ Πυκνότητα (d) διαλύματος

$$d_{\text{διαλύματος}} = \frac{m_{\text{διαλύματος}}}{V_{\text{διαλύματος}}}$$

Γνωρίζοντας την τιμή της πυκνότητας ενός διαλύματος μπορούμε να υπολογίσουμε τη μάζα του διαλύματος από τον όγκο του και αντιστρόφως. Επίσης, μπορούμε να υπολογίσουμε μία περιεκτικότητα όγκου (% w/v ή % v/v ή c) από μία περιεκτικότητα βάρους (% w/w) και αντιστρόφως.

Παραδείγματα

1. Να υπολογιστεί η περιεκτικότητα % w/v καθώς και η συγκέντρωση ενός διαλύματος NaOH, αν γνωρίζουμε ότι σε 200 mL διαλύματος περιέχονται 12 g NaOH. $M_r \text{ NaOH} = 40$

Λύση:

Στα 200 mL διαλύματος περιέχονται 12 g NaOH

Στα 100 mL διαλύματος περιέχονται x g NaOH

$$x = 6 \text{ g NaOH, άρα } 6\% \text{ w/v}$$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{12}{40} = 0,3 \text{ mol NaOH, } V = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L}$$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,3 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 1,5 \text{ M}$$

Χημεία Α΄ Λυκείου

2. Να υπολογιστούν:

α. η συγκέντρωση ενός διαλύματος HNO_3 περιεκτικότητας 12,6% w/v

β. η περιεκτικότητα % w/v ενός διαλύματος KOH 0,2 M

$M_r \text{HNO}_3 = 63$, $M_r \text{KOH} = 56$

Λύση:

α. Διάλυμα HNO_3 12,6% w/v σημαίνει ότι στα 100 mL (= 0,1 L) διαλύματος περιέχονται 12,6 g HNO_3 .

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{12,6}{63} = 0,2 \text{ mol HNO}_3. \text{ Όποτε έχουμε: } c = \frac{n}{V} = \frac{0,2 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 2 \text{ M}$$

β. Διάλυμα KOH 0,2M σημαίνει ότι στο 1 L (= 1000 mL) διαλύματος περιέχονται 0,2 mol KOH .

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = n M_r = 0,2 \cdot 56 = 11,2 \text{ g KOH.}$$

Στα 1000 mL διαλύματος περιέχονται 11,2 g KOH

Στα 100 mL διαλύματος περιέχονται x g KOH

$$x = 1,12 \text{ g KOH, άρα } 1,12\% \text{ w/v}$$

3. Ένα διάλυμα NaOH 8% w/w έχει πυκνότητα 1,25 g/mL. Να υπολογιστεί η περιεκτικότητα % w/v καθώς και η συγκέντρωση του διαλύματος.

$M_r \text{NaOH} = 40$

Λύση:

Διάλυμα NaOH 8% w/w σημαίνει ότι στα 100 g διαλύματος περιέχονται 8 g NaOH . Μέσω της πυκνότητας υπολογίζουμε τον όγκο των 100 g διαλύματος:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{d} = \frac{100 \text{ g}}{1,25 \text{ g/mL}} = 80 \text{ mL διαλύματος}$$

Στα 80 mL διαλύματος περιέχονται 8 g NaOH

Στα 100 mL διαλύματος περιέχονται x g NaOH

$$x = 10 \text{ g NaOH, άρα } 10\% \text{ w/v}$$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{8}{40} = 0,2 \text{ mol NaOH, } V = 80 \text{ mL} = 0,08 \text{ L}$$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,2 \text{ mol}}{0,08 \text{ L}} = 2,5 \text{ M}$$

4. Ένα διάλυμα NaCl έχει συγκέντρωση 0,2 M, πυκνότητα 1,17 g/mL και περιέχει 23,4 g NaCl . Να βρεθεί η % w/w περιεκτικότητα του διαλύματος.

$M_r \text{NaCl} = 58,5$

Λύση:

Για να βρούμε την % w/w περιεκτικότητα, εκτός από τη μάζα της διαλυμένης ουσίας που δίνεται, χρειαζόμαστε και τη μάζα του διαλύματος. Η μάζα του διαλύματος μπορεί να βρεθεί από την πυκνότητα, αφού προηγηθεί ο υπολογισμός

Χημεία Α΄ Λυκείου

του όγκου του διαλύματος. Ο όγκος θα βρεθεί από τη συγκέντρωση, αφού πρώτα υπολογίσουμε τα mol της διαλυμένης ουσίας. Επομένως, ξεκινάμε από τον υπολογισμό των mol του NaCl.

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{23,4}{58,5} = 0,4 \text{ mol NaCl}$$

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow V = \frac{n}{c} = \frac{0,4 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol/L}} = 2 \text{ L} = 2000 \text{ mL διαλύματος}$$

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d V = 1,17 \text{ g/mL} \cdot 2000 \text{ mL} = 2340 \text{ g διαλύματος}$$

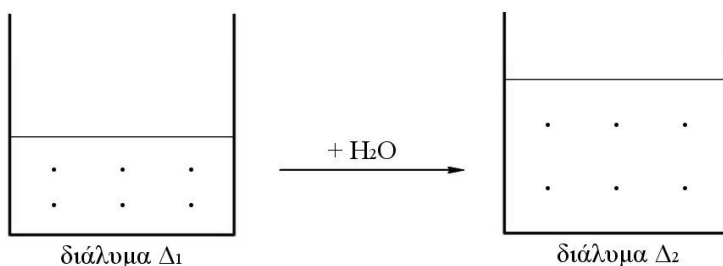
Στα 2340 g διαλύματος περιέχονται 23,4 g NaCl

Στα 100 g διαλύματος περιέχονται x g NaCl

$$x = 1 \text{ g NaCl, άρα } 1\% \text{ w/w}$$

Αραίωση διαλύματος

Η αραίωση ενός διαλύματος γίνεται με προσθήκη διαλύτη. Επομένως, ένα υδατικό διάλυμα αραιώνεται με προσθήκη νερού.



Κατά την αραίωση ενός διαλύματος πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας τα εξής:

- Η ποσότητα (μάζα ή όγκος ή mol) της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή.
- Η μάζα (ή ο όγκος) του τελικού διαλύματος Δ₂ είναι ίση με την μάζα (ή τον όγκο) του αρχικού διαλύματος Δ₁ συν τη μάζα (ή τον όγκο) του νερού που προσθέσαμε.
- Η περιεκτικότητα ή η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος Δ₂ ελαττώνεται σε σχέση με το αρχικό διάλυμα Δ₁, αφού το Δ₂ έχει μεγαλύτερη μάζα (ή όγκο) από το Δ₁.

Στην περίπτωση που η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας είναι μετρημένη σε mol, ισχύει ότι $n_1 = n_2$ που, με βάση τη σχέση $n = cV$, ισοδύναμα δίνει:

$$\boxed{c_1 V_1 = c_2 V_2}$$

όπου:

c_1 και V_1 η συγκέντρωση και ο όγκος, αντίστοιχα, του διαλύματος Δ₁ (πριν την αραίωση)

c_2 και V_2 η συγκέντρωση και ο όγκος, αντίστοιχα, του διαλύματος Δ₂ (μετά την αραίωση)

με $c_2 < c_1$ και $V_2 > V_1$

Χημεία Α΄ Λυκείου

► Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή και κατά τη **συμπύκνωση** ενός διαλύματος, με αφαίρεση νερού από το διάλυμα με εξάτμιση. Στην περίπτωση αυτή έχουμε:

- Η μάζα (ή ο όγκος) του τελικού διαλύματος είναι ίση με την μάζα (ή τον όγκο) του αρχικού διαλύματος μείον τη μάζα (ή τον όγκο) του νερού που αφαιρέθηκε.
- Η περιεκτικότητα ή η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος αυξάνεται σε σχέση με το αρχικό διάλυμα, αφού το τελικό διάλυμα έχει μικρότερη μάζα (ή όγκο) από το αρχικό.
- Ισχύει και σε αυτή την περίπτωση η σχέση $c_1 V_1 = c_2 V_2$ (με $c_2 > c_1$ και $V_2 < V_1$).

Η αύξηση της περιεκτικότητας ή της συγκέντρωσης ενός διαλύματος μπορεί να επιτευχθεί και με προσθήκη ορισμένης επιπλέον ποσότητας της διαλυμένης ουσίας που περιέχει. Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας στο τελικό διάλυμα είναι ίση με την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας στο αρχικό διάλυμα συν την ποσότητα της ουσίας που προστέθηκε. Κατά τη διάλυση σχετικά μικρών ποσοτήτων στερεών ή αερίων σε ένα διάλυμα, ο όγκος του διαλύματος παραμένει πρακτικά σταθερός. Η τελευταία παραδοχή θα γίνεται, κατά τη λύση μίας άσκησης, μόνο υπό την προϋπόθεση ότι αναφέρεται στην εκφώνησή της.

Παραδείγματα

1. Σε 400 mL διαλύματος HCl 4M προσθέτουμε 1600 mL νερού. Να υπολογιστεί η συγκέντρωση του διαλύματος που προκύπτει.

Λύση:

Μετά την προσθήκη του νερού η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή, επομένως:

$$n_1 = n_2 \Rightarrow c_1 V_1 = c_2 V_2 \Rightarrow c_2 = \frac{c_1 V_1}{V_2} \quad (1)$$

όπου $c_1 = 4 \text{ M}$, $V_1 = 400 \text{ mL} = 0,4 \text{ L}$ και

$$V_2 = V_1 + V_{\text{H}_2\text{O}} = 400 \text{ mL} + 1600 \text{ mL} = 2000 \text{ mL} = 2 \text{ L}$$

$$\text{Με αντικατάσταση στην (1) έχουμε: } c_2 = \frac{4 \text{ M} \cdot 0,4 \text{ L}}{2 \text{ L}} = 0,8 \text{ M}$$

2. Πόσα L νερού πρέπει να εξατμιστούν από 30 L διαλύματος NaCl 0,1 M ώστε να προκύψει διάλυμα NaCl 1M;

Λύση:

Μετά την εξάτμιση του νερού η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή, άρα:

$$n_1 = n_2 \Rightarrow c_1 V_1 = c_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{c_1 V_1}{c_2} = \frac{0,1 \text{ M} \cdot 30 \text{ L}}{1 \text{ M}} = 3 \text{ L}$$

Ο όγκος του νερού που εξατμίστηκε θα είναι:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_1 - V_2 = 30 \text{ L} - 3 \text{ L} = 27 \text{ L}$$

Χημεία Α΄ Λυκείου

3. Σε 200 mL διαλύματος NaOH περιεκτικότητας 10% w/v και πυκνότητας 1,1 g/mL προσθέτουμε 280 g νερού. Να βρεθεί η % w/w περιεκτικότητα του διαλύματος που προκύπτει.

Λύση:

Στα 100 mL διαλύματος περιέχονται 10 g NaOH

Στα 200 mL διαλύματος περιέχονται x g NaOH

$$x = 20 \text{ g NaOH}$$

Από τον τύπο της πυκνότητας υπολογίζουμε τη μάζα του διαλύματος:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d V = 1,1 \text{ g/mL} \cdot 200 \text{ mL} = 220 \text{ g διαλύματος}$$

Άρα, το τελικό διάλυμα θα έχει μάζα: 220 g (αρχικό διάλυμα) + 280 g (νερό) = 500 g και θα περιέχει 20 g NaOH, αφού μετά την προσθήκη του νερού η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή. Έτσι έχουμε:

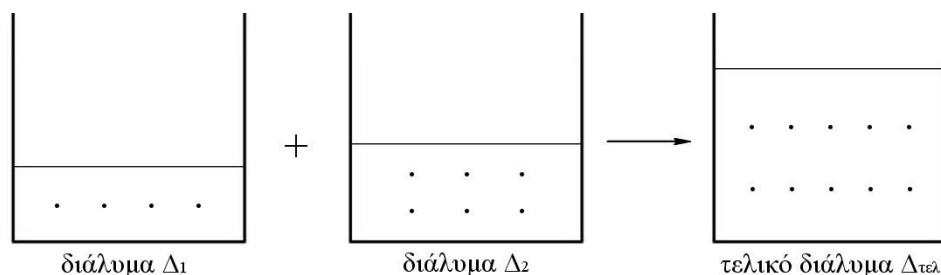
Στα 500 g διαλύματος περιέχονται 20 g NaOH

Στα 100 g διαλύματος περιέχονται y g NaOH

$$y = 4 \text{ g NaOH}$$

Επομένως το τελικό διάλυμα έχει περιεκτικότητα 4% w/w.

Ανάμιξη διαλυμάτων



Κατά την ανάμιξη δύο - ή και περισσότερων - διαλυμάτων, που περιέχουν την ίδια διαλυμένη ουσία, προκύπτει ένα τελικό διάλυμα που έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Η μάζα (ή ο όγκος) του τελικού διαλύματος ($\Delta_{\text{τελ}}$) είναι ίσος με το άθροισμα των μαζών (ή των όγκων) των διαλυμάτων Δ_1 και Δ_2 που αναμιγνύονται.
- Η ποσότητα (μάζα ή όγκος ή mol) της διαλυμένης ουσίας στο τελικό διάλυμα ($\Delta_{\text{τελ}}$) είναι ίση με το άθροισμα των ποσοτήτων της διαλυμένης ουσίας σε καθένα από τα αρχικά διαλύματα Δ_1 και Δ_2 που αναμιγνύονται.

Στην περίπτωση που η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας είναι μετρημένη σε mol, ισχύει ότι $n_1 + n_2 = n_{\text{τελ}}$ που, με βάση τη σχέση $n = cV$, ισοδύναμα δίνει:

$c_1 V_1 + c_2 V_2 = c_{\text{τελ}} V_{\text{τελ}}$, όπου $V_{\text{τελ}} = V_1 + V_2$. Επομένως:

$$\boxed{c_1 V_1 + c_2 V_2 = c_{\text{τελ}} (V_1 + V_2)}$$

Χημεία Α΄ Λυκείου

όπου:

c_1 και V_1 η συγκέντρωση και ο όγκος, αντίστοιχα, του διαλύματος Δ_1

c_2 και V_2 η συγκέντρωση και ο όγκος, αντίστοιχα, του διαλύματος Δ_2

$c_{\text{τελ}}$ η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος

- Το τελικό διάλυμα θα έχει συγκέντρωση με τιμή ενδιάμεση των τιμών των συγκεντρώσεων των διαλυμάτων που αναμιγνύονται. Αν, για παράδειγμα, $c_1 < c_2$ τότε $c_1 < c_{\text{τελ}} < c_2$.

Παραδείγματα

1. Αναμιγνύονται 200 g διαλύματος NaCl 4% w/w (διάλυμα Δ_1) με 600 g διαλύματος NaCl 2% w/w (διάλυμα Δ_2). Να υπολογιστεί η % w/w περιεκτικότητα του τελικού διαλύματος που προκύπτει.

Λύση:

Στα 100 g διαλύματος Δ_1 περιέχονται 4 g NaCl

Στα 200 g διαλύματος Δ_1 περιέχονται x g NaCl

$$x = 8 \text{ g NaCl}$$

Στα 100 g διαλύματος Δ_2 περιέχονται 2 g NaCl

Στα 600 g διαλύματος Δ_2 περιέχονται y g NaCl

$$y = 12 \text{ g NaCl}$$

μάζα τελικού διαλύματος: $200 \text{ g} + 600 \text{ g} = 800 \text{ g}$

μάζα διαλυμένης ουσίας (NaCl) στο τελικό διάλυμα: $8 \text{ g} + 12 \text{ g} = 20 \text{ g}$. Επομένως:

Στα 800 g τελικού διαλύματος περιέχονται 20 g NaCl

Στα 100 g τελικού διαλύματος περιέχονται z g NaCl

$$z = 2,5 \text{ g NaCl, άρα } 2,5\% \text{ w/w}$$

2. Αναμιγνύονται 100 mL διαλύματος HNO_3 0,7 M (διάλυμα Δ_1) με 400 mL διαλύματος HNO_3 c_2 M (διάλυμα Δ_2), οπότε προκύπτει τελικό διάλυμα ($\Delta_{\text{τελ}}$) με συγκέντρωση 0,3 M. Να υπολογιστεί η συγκέντρωση c_2 του διαλύματος Δ_2 .

Λύση:

Έχουμε ανάμιξη διαλυμάτων, άρα ισχύει ο τύπος: $c_1 V_1 + c_2 V_2 = c_{\text{τελ}} (V_1 + V_2)$

Με αντικατάσταση των δεδομένων του προβλήματος έχουμε την εξίσωση:

$$0,7 \text{ M} \cdot 0,1 \text{ L} + c_2 \cdot 0,4 \text{ L} = 0,3 \text{ M} \cdot (0,1 \text{ L} + 0,4 \text{ L}) \text{ από την επίλυση της οποίας προκύπτει ότι } c_2 = 0,2 \text{ M.}$$

3. 500 mL διαλύματος NaOH περιεκτικότητας 8% w/v (διάλυμα Δ_1) αναμιγνύονται με 1,5 L διαλύματος NaOH συγκέντρωσης 0,8M (διάλυμα Δ_2). Να υπολογιστεί η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος που προκύπτει.

$$M_r \text{ NaOH} = 40$$

Χημεία Α΄ Λυκείου

Λύση:

Θα υπολογίσουμε πρώτα πόσα mol NaOH περιέχονται στο διάλυμα Δ₁:

Στα 100 mL διαλύματος Δ₁ περιέχονται 8 g NaOH

Στα 500 mL διαλύματος Δ₁ περιέχονται x g NaOH

$$x = 40 \text{ g NaCl}$$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{40}{40} = 1 \text{ mol NaOH}$$

Από τον τύπο της συγκέντρωσης θα υπολογίσουμε πόσα mol NaOH περιέχονται στο διάλυμα Δ₂:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c V = 0,8 \text{ mol/L} \cdot 1,5 \text{ L} = 1,2 \text{ mol NaOH}$$

Έτσι, στο τελικό διάλυμα θα έχουμε:

$$V_{\text{τελ}} = 0,5 \text{ L} + 1,5 \text{ L} = 2 \text{ L διαλύματος}$$

(500 mL)

$$n_{\text{τελ}} = 1 \text{ mol} + 1,2 \text{ mol} = 2,2 \text{ mol NaOH}$$

$$\text{Επομένως: } c_{\text{τελ}} = \frac{n_{\text{τελ}}}{V_{\text{τελ}}} = \frac{2,2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 1,1 \text{ M}$$

4. Διαθέτουμε τα επόμενα υδατικά διαλύματα:

Δ₁: διάλυμα H₂SO₄ 0,2M

Δ₂: διάλυμα H₂SO₄ 0,5M

Αναμιγνύουμε ίσους όγκους από τα διαλύματα Δ₁ και Δ₂. Να υπολογιστεί η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος που προκύπτει.

Λύση:

Έχουμε ανάμιξη διαλυμάτων, άρα:

$$c_1 V_1 + c_2 V_2 = c_{\text{τελ}} (V_1 + V_2) \Rightarrow c_{\text{τελ}} = \frac{c_1 V_1 + c_2 V_2}{V_1 + V_2} \quad (1)$$

V₁ = V₂ = V, αφού αναμιγνύονται ίσοι όγκοι των Δ₁ και Δ₂. Με αντικατάσταση στην (1) έχουμε:

$$c_{\text{τελ}} = \frac{0,2V + 0,5V}{V + V} = \frac{0,7V}{2V} = 0,35 \text{ M}$$

Επιμέλεια: Παναγιώτης Θεοδώρου
Χημικός