

4.4 Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί

Η χημική εξίσωση, πέραν του ότι αποτελεί το σύμβολο μιας χημικής αντίδρασης, παρέχει μία σειρά πληροφοριών. Για παράδειγμα, η χημική εξίσωση της αντίδρασης σχηματισμού αμμωνίας από άζωτο και υδρογόνο $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ μας αποκαλύπτει:

1. Την ποιοτική σύσταση των αντιδρώντων (N_2 , H_2) και προϊόντων (NH_3).
2. Ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τον τρόπο που γίνεται η αντίδραση. Δηλαδή ότι,
 - ❖ 1 μόριο N_2 αντιδρά με 3 μόρια H_2 και δίνει 2 μόρια NH_3 .
 - ❖ 1 mol N_2 αντιδρά με 3 mol H_2 και δίνει 2 mol NH_3 .
 - ❖ 1 όγκος αερίου N_2 αντιδρά με τρεις όγκους αερίου H_2 και δίνει δύο όγκους αέριας NH_3 στις ίδιες συνθήκες P και T .

Αυτό όμως που τελικά έχει τη μεγαλύτερη σημασία είναι ότι:

- *οι συντελεστές σε μία χημική εξίσωση καθορίζουν την αναλογία mol των αντιδρώντων και προϊόντων στην αντίδραση. Γι' αυτό και οι συντελεστές ονομάζονται στοιχειομετρικοί συντελεστές.*

Με δεδομένο ότι:

1 mol μιας χημικής ουσίας ζυγίζει τόσα γραμμάρια όσο η σχετική μοριακή της μάζα,

1 mol αερίου ουσίας καταλαμβάνει όγκο V_m ή 22,4 L (σε STP) και

1 mol μιας μοριακής χημικής ουσίας περιέχει N_A μόρια, προκύπτει ότι η αναλογία **mol** των αντιδρώντων και των προϊόντων μπορεί να εκφραστεί και σαν αναλογία **μαζών**, **όγκων** (αερίων) ή αριθμού **μορίων**.

- *Οι παραπάνω χημικοί υπολογισμοί, οι οποίοι στηρίζονται στις ποσοτικές πληροφορίες που πηγάζουν από τους συντελεστές μιας χημικής εξίσωσης (στοιχειομετρικοί συντελεστές), ονομάζονται στοιχειομετρικοί υπολογισμοί.*

Μεθοδολογία για την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας

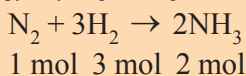
Στα προβλήματα στοιχειομετρίας ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

1. Βρίσκουμε τον αριθμό mol από τη μάζα ή τον όγκο που δίνεται (π.χ. ενός αντιδρώντος).
2. Υπολογίζουμε με τη βοήθεια της χημικής εξίσωσης τον αριθμό mol του αντιδρώντος ή προϊόντος που ζητείται.
3. Τέλος, από τον αριθμό mol υπολογίζουμε τη ζητούμενη μάζα (μέσω του M_r) ή το ζητούμενο όγκο (μέσω του V_m ή της καταστατικής εξίσωσης).

Τα παραπάνω απεικονίζονται στο σχήμα που ακολουθεί. Στη συνέχεια δίνονται χαρακτηριστικές περιπτώσεις στοιχειομετρικών υπολογισμών με αντίστοιχα παραδείγματα.

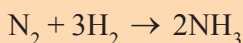
Βήμα 3

Γράφουμε για τις ουσίες τη **σχέση mol** με την οποία αντιδρούν ή παράγονται, σχέση την οποία δείχνουν οι συντελεστές των ουσιών (**στοιχειομετρία της αντίδρασης**).



Βήμα 4

Γράφουμε κάτω από τα προηγούμενα (σχέση mol) την ποσότητα του δεδομένου σε mol και υπολογίζουμε την ποσότητα του ζητούμενου πάλι σε mol.



$$\frac{1 \text{ mol}}{n_2} = \frac{3 \text{ mol}}{n_3} = \frac{2 \text{ mol}}{20 \text{ mol}}$$

$$n_2 = 10 \text{ mol N}_2$$

$$n_3 = 30 \text{ mol H}_2.$$

Βήμα 5

Υπολογίζουμε τη ζητούμενη μάζα. Δηλαδή για το N_2 με τη βοήθεια της σχετικής μοριακής μάζας ($M_r = 28$), έχουμε:

$$\frac{1 \text{ mol N}_2}{10 \text{ mol}} \stackrel{\text{ζυγίζει}}{=} \frac{28 \text{ g}}{m} \quad \text{ή} \quad m = 280 \text{ g N}_2$$

Άρα για να παρασκευαστούν 448 L NH_3 (σε STP) πρέπει να αντιδράσουν 280 g N_2 με 30 mol H_2 .

Εφαρμογή

Καίγονται 16 g θείου με το απαραίτητο οξυγόνο και παράγεται διοξείδιο του θείου. Να υπολογιστεί ο όγκος του SO_2 σε θερμοκρασία 27°C και πίεση 2 atm. Δίνονται: $A_{rS}:32$ και $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (6,15 L)

1. Ασκήσεις στις οποίες η ουσία που δίνεται ή ζητείται δεν είναι καθαρή

Σε πολλές περιπτώσεις οι ουσίες που χρησιμοποιούμε σε μία χημική αντίδραση δεν είναι καθαρές. Αυτό συμβαίνει στην πράξη, αφού είναι σχεδόν αδύνατο να έχουμε απόλυτα καθαρές ουσίες. Η καθαρότητα ενός δείγματος εκφράζεται συνήθως %. Για παράδειγμα, δείγμα σιδήρου καθαρότητας 95% w/w σημαίνει ότι στα 100 g δείγματος τα 95 g είναι Fe και τα 5 g είναι ξένες προσμείξεις του. Ας δούμε όμως ένα σχετικό παράδειγμα.

Παράδειγμα 4.15

Πόσα λίτρα H_2 μετρημένα σε STP θα σχηματιστούν κατά την αντίδραση 250 g δείγματος ψευδαργύρου με περίσσεια διαλύματος θεικού οξέος; Η περιεκτικότητα του δείγματος σε ψευδάργυρο είναι 97,5% w/w. Θεωρούμε ότι οι προσμείξεις δεν αντιδρούν με το θεικό οξύ. Δίνεται $A_{r,Zn} = 65$.

ΛΥΣΗ

Θα υπολογίσουμε πρώτα την ποσότητα του καθαρού ψευδαργύρου που περιέχεται στα 250 g του δείγματος ψευδαργύρου, καθώς μόνο αυτός αντιδρά με το θεικό οξύ.

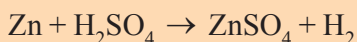
Στα

$$\frac{100 \text{ g δειγμ. Zn}}{250 \text{ g}} = \frac{\text{περιέχονται } 97,5 \text{ g Zn}}{m}$$

$$\text{ή } m = 243,75 \text{ g Zn.}$$

Άρα 243,75 g Zn αντέδρασαν με το οξύ. Μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε το παραγόμενο υδρογόνο, αφού γράψουμε την αντίδραση και κάνουμε τους συνήθεις υπολογισμούς.

$$\frac{1 \text{ mol Zn}}{n_1} = \frac{65 \text{ g}}{243,75 \text{ g}} \quad \text{ή} \quad n_1 = 3,75 \text{ mol Zn}$$



$$\frac{1 \text{ mol}}{3,75 \text{ mol}} = \frac{1 \text{ mol}}{n_2}$$

$$\text{ή } n_2 = 3,75 \text{ mol H}_2.$$

Για το H_2 σε STP έχουμε:

$$\frac{1 \text{ mol H}_2}{3,75 \text{ mol}} = \frac{22,4 \text{ L}}{V} \quad \text{ή} \quad V = 84 \text{ L}$$

Εφαρμογή

Πόσα γραμμάρια δείγματος ψευδαργύρου καθαρότητας 80% w/w θα αντιδράσουν με 10 L διαλύματος HCl 0,8 M;

$A_{r,Zn} : 65$.

(325 g)

2. Ασκήσεις στις οποίες δίνονται οι ποσότητες δύο αντιδρώντων ουσιών

Εδώ διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

Α. Οι ποσότητες που δίνονται είναι σε στοιχειομετρική αναλογία.

Δηλαδή, οι ποσότητες είναι οι ακριβώς απαιτούμενες για πλήρη αντίδραση, σύμφωνα με τους συντελεστές της χημικής εξίσωσης. Στην περίπτωση αυτή οι υπολογισμοί στηρίζονται στην ποσότητα ενός εκ των δύο αντιδρώντων.

Β. Η ποσότητα ενός εκ των δύο αντιδρώντων είναι σε περίσσεια.

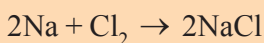
Δηλαδή, το ένα από τα αντιδρώντα είναι σε **περίσσεια** (περισσεύει), ενώ το άλλο καταναλώνεται πλήρως (**περιοριστικό**). Οι στοιχειομετρικοί υπολογισμοί στην περίπτωση αυτή στηρίζονται στην ποσότητα του περιοριστικού αντιδρώντος, όπως φαίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί.

Παράδειγμα 4.16

Διαθέτουμε 10 mol νατρίου (Na) και 8 mol χλωρίου (Cl_2) τα οποία αντιδρούν για να σχηματίσουν χλωριούχο νάτριο (NaCl). Πόσα mol NaCl θα σχηματιστούν;

ΛΥΣΗ

Στο πρόβλημα αυτό πρέπει αρχικά να ελέγξουμε ποιο από τα δύο αντιδρώντα θα αντιδράσει όλο. Γράφουμε τη χημική αντίδραση:



Από την αντίδραση βλέπουμε ότι 2 mol Na αντιδρούν με 1 mol Cl_2 . Άρα τα 10 mol Na που διαθέτουμε χρειάζονται για να αντιδράσουν 5 mol Cl_2 . Εμείς όμως διαθέτουμε 8 mol Cl_2 . Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι θα αντιδράσει όλο το νάτριο (10 mol) με 5 mol χλωρίου και θα παραχθούν με βάση τη στοιχειομετρία 10 mol NaCl, ενώ θα περισσέψουν 3 mol Cl_2 . Δηλαδή, το χλώριο βρίσκεται σε περίσσεια.

Εφαρμογή

Πόσα γραμμάρια νερού θα παραχθούν αν αντιδράσουν 112 L O_2 μετρημένα σε STP με 10 g H_2 ; Δίνονται οι τιμές των A_r : H: 1, O: 16. (90 g)

3. Ασκήσεις με διαδοχικές αντιδράσεις

Υπάρχουν προβλήματα στοιχειομετρίας, στα οποία δεν έχουμε μόνο μια αντίδραση αλλά μία σειρά διαδοχικών αντιδράσεων. Διαδοχικές αντιδράσεις έχουμε, όταν το προϊόν της πρώτης αντίδρασης αποτελεί αντιδρών της δεύτερης αντίδρασης, κ.ο.κ. Ο τρόπος που επιλύονται αυτού του είδους τα προβλήματα επιδεικνύεται στα παραδείγματα που ακολουθούν.

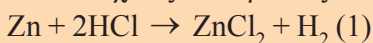
Παράδειγμα 4.17

13 g ψευδάργυρου (Zn) αντιδρούν με περίσσεια διαλύματος υδροχλωρίου. Το αέριο που παράγεται αντιδρά πλήρως με οξυγόνο και παράγεται νερό. Να υπολογιστεί η μάζα του νερού.

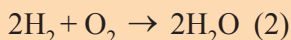
Δίνονται οι τιμές των A_r : Zn: 65, H: 1, O: 16.

ΛΥΣΗ

Οι διαδοχικές αντιδράσεις είναι οι εξής:



• Αν οι ποσότητες αντιδρώντων δεν είναι σε στοιχειομετρική αναλογία, τότε, οι στοιχειομετρικοί προσδιορισμοί βασίζονται στην ποσότητα του περιοριστικού αντιδρώντος. Αυτού, δηλαδή, που δεν είναι σε περίσσεια.



Από την πρώτη αντίδραση παράγεται υδρογόνο, το οποίο κατόπιν καίγεται και δίνει νερό.

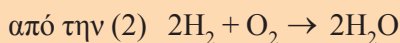
Αφού γνωρίζουμε τη μάζα του Zn, τη μετατρέπουμε σε mol, και κατόπιν υπολογίζουμε τον αριθμό των mol του H₂. Από την (2) και από το γνωστό αριθμό mol του H₂, υπολογίζουμε τον αριθμό mol του νερού και τα οποία μετατρέπουμε σε g. Έτσι έχουμε:

$$\frac{1 \text{ mol Zn}}{n_1} = \frac{65 \text{ g}}{13 \text{ g}} \quad \text{ή} \quad n_1 = 0,2 \text{ mol Zn.}$$



$$\frac{1 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol}} = \frac{1 \text{ mol}}{n_2}$$

ή $n_2 = 0,2 \text{ mol H}_2$.



$$\frac{2 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol}} = \frac{2 \text{ mol}}{n_3}$$

ή $n_3 = 0,2 \text{ mol H}_2\text{O}$

άρα $m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,2 \cdot 18 \text{ g} = 3,6 \text{ g}$.

Εφαρμογή

11,7 g χλωριούχου νατρίου αντιδρούν με περίσσεια θειικού οξέος σε κατάλληλες συνθήκες. Το αέριο που παράγεται διαβιβάζεται σε περίσσεια διαλύματος ανθρακικού νατρίου. Να υπολογιστεί ο όγκος σε STP του αερίου που θα παραχθεί. Δίνονται οι τιμές των A_r : Na : 23, Cl: 35,5. (2,24 L)

Παρατήρηση

Ένας δεύτερος πιο γενικός τρόπος, για να λύνουμε προβλήματα με διαδοχικές αντιδράσεις, είναι ο ακόλουθος. Ορίζουμε x τον αριθμό των mol του «πρώτου» αντιδρώντος και υπολογίζουμε συναρτήσει του x τις ποσότητες όλων των υπολοίπων ουσιών που συμμετέχουν στις αντιδράσεις. Με βάση τα δεδομένα του προβλήματος υπολογίζουμε το x και απ' αυτό βρίσκουμε τον αριθμό mol όλων των άλλων ουσιών που μας ενδιαφέρουν.

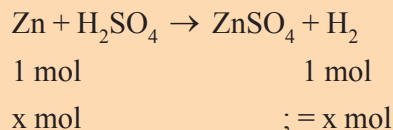
Παράδειγμα 4.18

Ορισμένη ποσότητα ψευδαργύρου αντιδρά με αραιό διάλυμα θεικού οξέος. Το αέριο που παράγεται αντιδρά με οξείδιο του χαλκού, οπότε παράγονται 31,75 g Cu. Να υπολογιστεί η μάζα του Zn που αντέδρασε αρχικά. Δίνονται οι τιμές των A_r : Cu: 63,5, Zn: 65.

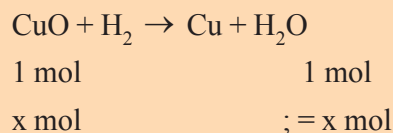
ΛΥΣΗ

Έστω x mol η αρχική ποσότητα του Zn.

Από την αντίδραση έχουμε:



Τα x mol όμως του H_2 αντιδρούν με το CuO σύμφωνα με την αντίδραση.



Όμως τα x mol ζυγίζουν 31,75 g και αφού

το 1 mol ζυγίζει 63,5 g

$$x \text{ mol} \quad 31,75 \text{ g} \quad \text{ή } x = 0,5.$$

Δηλαδή, $m_{\text{Zn}} = 0,5 \cdot 65 \text{ g} = 32,5 \text{ g}$.

Εφαρμογή

Ποσότητα μαγνησίου αντιδρά με περίσσεια διαλύματος HCl και δίνει αέριο το οποίο αντιδρά πλήρως με Cl_2 , και παίρνουμε νέο αέριο το οποίο αντιδρά με περίσσεια διαλύματος AgNO_3 δίνοντας 28,7 g λευκού ιζήματος. Ποια είναι η μάζα της αρχικής ποσότητας του μαγνησίου; Δίνονται οι τιμές των A_r : Mg: 24, Ag: 108, Cl: 35,5.

(2,4 g)

Τελειώνοντας τα προβλήματα με στοιχειομετρικούς υπολογισμούς, ας δούμε πώς μπορούμε να βρούμε τη σύσταση ενός μίγματος με βάση την αντίδραση των συστατικών του με κάποια ή κάποιες άλλες ουσίες.

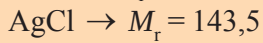
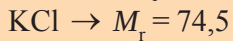
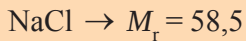
Παράδειγμα 4.19

13,3 g μίγματος χλωριούχου νατρίου και χλωριούχου καλίου αντιδρούν πλήρως με διάλυμα AgNO_3 . Αν μετά από τις αντιδράσεις έχουν καταβυθιστεί 28,7 g AgCl , να βρεθεί η σύσταση του αρχικού μίγματος.

Δίνονται οι τιμές των A_r : Na: 23, K: 39, Cl: 35,5, Ag: 108.

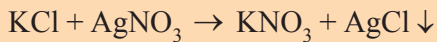
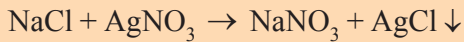
ΛΥΣΗ

Βρίσκουμε τις σχετικές μοριακές μάζες:



Έστω x τα mol του NaCl

και ψ τα mol του KCl.



Όμως γνωρίζουμε ότι:

$$m_{\text{NaCl}} + m_{\text{KCl}} = 13,3 \text{ g}$$

$$\text{ή} \quad x \cdot 58,5 + \psi \cdot 74,5 = 13,3 \quad (1)$$

Για τον AgCl έχουμε $(x+\psi)$ mol, άρα

$$(x+\psi) \cdot 143,5 = 28,7 \quad (2)$$

Λύνω το σύστημα των δύο εξισώσεων και έχουμε ότι:

$$x = 0,1$$

$$\psi = 0,1$$

Άρα στο μίγμα περιέχονται 0,1 mol ή $0,1 \cdot 58,5 \text{ g} = 5,85 \text{ g}$ NaCl

και 0,1 mol ή $0,1 \cdot 74,5 \text{ g} = 7,45 \text{ g}$ KCl.

Εφαρμογή

10 g μίγματος Fe και FeS αντιδρούν πλήρως με περίσσεια διαλύματος HCl και από τις δύο αντιδράσεις εκλύονται 3,36 L αέριου μίγματος που μετρήθηκαν σε STP. Να βρεθεί η μάζα κάθε συστατικού του αρχικού μίγματος. Δίνονται οι τιμές των A_r : Fe: 56, S: 32.

$$(5,6 \text{ g Fe} - 4,4 \text{ g FeS})$$

- * **63.** Θερμαίνουμε 40 mL διαλύματος νιτρικού νατρίου συγκέντρωσης 0,4 M, ώσπου να εξατμιστούν 8 mL H₂O. Ποια θα είναι η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος;
0,5 M
- * **64.** Αναμειγνύονται 200 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) περιεκτικότητας 10% κατ' όγκον (w/v) με 300 mL άλλου διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου περιεκτικότητας 2% κατ' όγκον (w/v). Να βρείτε για το διάλυμα που προέκυψε:
α) την % w/v περιεκτικότητα
β) τη συγκέντρωση (μοριακότητα κατ' όγκον).
α) 5,2% w/v
β) 1,3 M
- ** **65.** Σε 540 g διαλύματος θειικού οξέος, περιεκτικότητας 9,8 % w/v και πυκνότητας 1,08 g/mL, προστίθενται 4,5 L άλλου διαλύματος θειικού οξέος συγκέντρωσης 2 M. Να βρείτε τη συγκέντρωση του τελικού διαλύματος.
1,9 M
- * **66.** Πόσα λίτρα διαλύματος υδροχλωρίου 0,1 M πρέπει να αναμιχθούν με 3 L διαλύματος υδροχλωρίου 0,3 M για να προκύψει διάλυμα υδροχλωρίου 0,15 M;
9 L
- * **67.** Σε ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιχθούν δύο διαλύματα υδροχλωρίου, το ένα συγκέντρωσης 2 M και το άλλο περιεκτικότητας 3,65% w/v, για να προκύψει διάλυμα συγκέντρωσης 1,4 M;
2:3
- * **68.** Πόσα mL νερού πρέπει να εξατμισθούν από 800 mL διαλύματος υδροξειδίου του καλίου, περιεκτικότητας 10% w/w και πυκνότητας 1,05 g/mL, για να προκύψει διάλυμα με συγκέντρωση 2 M;
50 mL

Στοιχειομετρικοί Υπολογισμοί

- 69.** Πόσα mol ανθρακικού ασβεστίου πρέπει να αντιδράσουν με διάλυμα θειικού οξέος, για να εκλυθούν 4,48 L αερίου μετρημένα σε STP συνθήκες; Πόσα γραμμάρια θειικού ασβεστίου σχηματίζονται συγχρόνως;
0,2 mol – 27,2 g
- * **70.** Ζητείται ο όγκος της αμμωνίας που παράγεται σε θερμοκρασία 57 °C και πίεση 1,5 atm, όταν αντιδράσουν 0,1 mol χλωριούχου αμμωνίου με περίσσεια διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου.
1,8 L
- * **71.** Πόσα λίτρα υδρόθειου (μετρημένα σε STP) θα σχηματιστούν, αν αντιδράσουν με περίσσεια διαλύματος υδροχλωρίου, 20 g ορυκτού που περιέχει 88% κατά βάρος (w/w) θειούχο σίδηρο (II); Τα υπόλοιπα συστατικά του ορυκτού δεν αντιδρούν με το υδροχλώριο.
4,48 L
- ** **72.** Πόσα γραμμάρια ακάθартου ψευδαργύρου, περιεκτικότητας 85% σε καθαρό ψευδάργυρο πρέπει να αντιδράσουν με περίσσεια διαλύματος υδροχλωρίου, για να παραχθούν 984 cm³ υδρογόνου, μετρημένα σε θερμοκρασία 27 °C και πίεση 3 atm;
9,18 g

73. Πόσα λίτρα διαλύματος υδροχλωρίου 2 M αντιδρούν πλήρως με 21,2 g ανθρακικού νατρίου; 0,2 L
74. Το γαστρικό υγρό ασθενούς που πάσχει από έλκος του δωδεκαδάκτυλου έχει συγκέντρωση υδροχλωρίου 0,05 M. Αν υποθεθεί ότι μέσα στο στομάχι εισέρχονται 3 L γαστρικού υγρού την ημέρα, πόσα γραμμάρια υδροξειδίου του αργιλίου απαιτούνται ημερησίως για την εξουδετέρωση του οξέος; 3,9 g
- * 75. Πόσα γραμμάρια υδροχλωρίου θα παραχθούν, αν επιδράσουν 44,8 L υδρογόνου (μετρημένα σε STP συνθήκες) σε 150 g χλωρίου, στις κατάλληλες συνθήκες; 146 g
- * 76. Κατά την καύση του θείου σχηματίζεται διοξείδιο του θείου. Πόσα mol διοξειδίου του θείου θα παραχθούν, αν προσπαθήσουμε να κάψουμε 3,2 Kg θείου με 1,12 m³ οξυγόνου μετρημένα σε STP συνθήκες; 50 mol
77. 2,4 g μαγνησίου αντιδρούν πλήρως με αραιό διάλυμα θειικού οξέος. Το αέριο που παράγεται αντιδρά με βρώμιο, οπότε σχηματίζεται νέο αέριο, που διαβιβάζεται σε περίσσεια διαλύματος νιτρικού αργύρου. Να υπολογίσετε τη μάζα του ιζήματος που παράγεται. 37,6 g
- ** 78. 10 g ανθρακικού άλατος ενός μετάλλου M με αριθμό οξείδωσης 2+, αντιδρούν πλήρως με διάλυμα υδροχλωρίου. Για την πλήρη εξουδετέρωση του αερίου που παράγεται απαιτείται διάλυμα που περιέχει 11,2 g υδροξειδίου του καλίου. Να βρείτε τη σχετική ατομική μάζα του M. 40

Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού λάθους

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 10. γ | 27. (1-β), (2-α), (3-γ), (4-α) |
| 11. Σ είναι: 3, 4
Λ είναι: 1, 2 | 28. Σ είναι: 2, 4
Λ είναι: 1, 3 |
| 13. β | 40. Ι) δ ΙΙ) γ |
| 14. (1-δ), (2-α), (3-β), (4-γ), (5-ε) | 41. ε |
| 15. γ | 42. Σ είναι: η 1
Λ είναι: η 2 |
| 19. (1-γ), (2-δ), (3-γ) | 61. (1-γ), (2-α) |
| 23. γ | |

