

7. Μοριακά πρότυπα και ομοιοπολικός δεσμός

Σκοπός

Σκοπός αυτής της άσκησης είναι να κατανοήσουμε πληρέστερα τις θεωρίες που αναφέρονται στη δημιουργία του ομοιοπολικού δεσμού και στη γεωμετρία των μορίων, μέσω της χρήσεως μοριακών προτύπων (μοντέλων) που θα συναρμολογήσουμε.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε εκτελέσει αυτή την άσκηση θα μπορείτε να:

- Σχηματίζετε ομοιώματα μορίων απλών ανόργανων και οργανικών ομοιοπολικών ενώσεων, χρησιμοποιώντας ως «δομικά υλικά» ειδικές σφαίρες και ραβδάκια από πλαστικό.
- Χαρακτηρίζετε γεωμετρικά τα ομοιώματα των μορίων που συναρμολογείτε.
- Διακρίνετε ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική των μορίων, όπως π.χ. διπολική ροπή, συντακτική ισομέρεια, τύπους διαμόρφωσης κ.λπ.

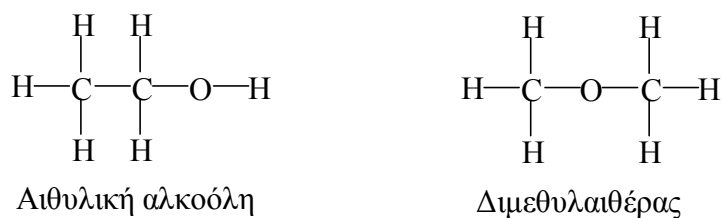
Θεωρητικό υπόβαθρο

1. ΔΟΜΕΣ LEWIS - ΤΥΠΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (Ebbing / Gammon, Ενότητες 9.6 – 9.9)
2. ΜΟΡΙΑΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ - ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ VSEPR (Ebbing / Gammon, Ενότητες 10.1 – 10.2)
3. ΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΤΡΟΧΙΑΚΩΝ (Ebbing / Gammon, Ενότητα 10.3)

4. ΜΟΡΙΑΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

Για την παράσταση των μορίων χρησιμοποιούμε σχήματα (εικόνες) ή *μοριακά πρότυπα* (μοντέλα ή ομοιώματα), στα οποία τα μεν άτομα έχουν συνήθως τη μορφή σφαιρών (ball and stick models) ή πολυέδρων σφαιρικής συμμετρίας (polyhedron molecular models), οι δε δεσμοί μεταξύ των ατόμων έχουν τη μορφή λεπτών ραβδών. Τα μοριακά μοντέλα είναι σχεδιασμένα για ν' αναπαριστούν δομές μορίων στον τρισδιάστατο χώρο. Αν τα μοντέλα συναρμολογηθούν σωστά, τότε ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική των μορίων (π.χ. γωνίες δεσμών, διπολική ροπή, τύποι διαμόρφωσης) γίνονται πιο εμφανή.

Η κατασκευή μοριακών μοντέλων είναι εξαιρετικά χρήσιμη και για μια βαθύτερη κατανόηση της έννοιας της ισομέρειας και ιδιαίτερα της *συντακτικής ισομέρειας*, η οποία οφείλεται στον διαφορετικό τρόπο σύνδεσης των ατόμων μεταξύ τους (Σχήμα 1).



Σχήμα 1 Δύο συντακτικά ισομερή του γενικού τύπου $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

Οδηγίες κατασκευής των μοριακών μοντέλων

Τα δομικά υλικά ή σύνεργα, που θα χρησιμοποιήσουμε για να κατασκευάσουμε μια σειρά μορίων, είναι σφαίρες, μικρά ραβδάκια και λοβοί, όλα φτιαγμένα από πλαστικό υλικό.

Οι σφαίρες παριστάνουν τα άτομα και έχουν διαφορετικά χρώματα και ορισμένο αριθμό οπών. Οι οπές είναι σε τέτοιες θέσεις πάνω στην επιφάνεια κάθε σφαίρας, ώστε ν' αντιστοιχούν στον προσανατολισμό των ηλεκτρονικών ζευγών του φλοιού σθένους του κεντρικού ατόμου. Ο προσανατολισμός αυτός καθορίζει φυσικά και τη γεωμετρία του μορίου. Έτσι, η μαύρη σφαίρα, η οποία διαθέτει 4 οπές τετραεδρικού προσανατολισμού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις περιπτώσεις όπου χρειαζόμαστε ένα άτομο άνθρακα με υβριδισμό sp^3 (π.χ. στην κατασκευή των μορίων CH_4 , C_2H_6 κ.λπ.). Το άτομο του υδρογόνου παριστάνεται από μια μικρή σφαίρα, χρώματος λευκού και φέρει μία οπή.

Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των "δομικών λίθων" που θα χρησιμοποιήσουμε προκειμένου να κατασκευάσουμε κάποια μόρια.

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα των δομικών λίθων των μοριακών μοντέλων

Ποσότητα	Στοιχείο	Χρώμα	Αριθμός οπών	Γωνία δεσμών (υβριδισμός)
14	Υδρογόνο, H	Λευκό	1	
6	Άνθρακας, C	Μαύρο	4	109°28' (sp^3)
1	Βόριο, B	Μπεζ σκούρο	3	120° (sp^2)
1	Άζωτο, N	Μπλε	3*	107° (sp^3)
2	Άζωτο, N	Μπλε	4	109°28' (sp^3)
6	Οξυγόνο, O	Κόκκινο	2*	105° (sp^3)
1	Οξυγόνο, O	Κόκκινο	4	109°28' (sp^3)
1	Θείο, S	Κίτρινο	2*	105° (sp^3)
1	Θείο, S	Κίτρινο	6	90° (sp^3d^2)
1	Φωσφόρος, P	Μοβ	5	90°, 120° (sp^3d)
1	Φωσφόρος, P	Μοβ	3*	107° (sp^3)
6	Αλογόνο, F, Cl,...	Πράσινο	1 [#]	
2	Μέταλλο, Na	Γκρίζο	1	
2	Μέταλλο, Ca, Mg	Γκρίζο	2	
1	Στοιχείο ^{&}	Γκρίζο	2	180° (sp)
1	Στοιχείο ^{&}	Γκρίζο	3	120° (sp^2)
1	Στοιχείο ^{&}	Γκρίζο	4	109°28' (sp^3)
1	Μέταλλο, Fe	Γκρίζο	6	90° (d^2sp^3)
3	Μονήρη HZ	Μπεζ ανοικτό	-	
	Ραβδάκια (Δεσμοί)		Συνολικό μήκος (mm)	
20	Μεσαίο μέγεθος	Γκρίζο	31	
12	Μεγάλο μέγεθος ευλύγιστα	Γκρίζο	46	
5	Μεσαίο μέγεθος	Μοβ	31	
Συνολικά: 49 σφαίρες, 3 μονήρη ηλεκτρονικά ζεύγη, 37 ραβδάκια				
1	Κασετίνα	Γκρίζο	235×170×35	

* Στις περιπτώσεις αυτές δεν λαμβάνονται υπόψη τα μονήρη ηλεκτρονικά ζεύγη (HZ).

Εδώ τα αλογόνα χρησιμοποιούνται μόνο ως ακραία και όχι ως κεντρικά άτομα.

& Οποιοδήποτε κεντρικό στοιχείο που έχει τον αντίστοιχο υβριδισμό.

Τα ραβδάκια για τη δημιουργία των δεσμών είναι τριών τύπων:

(α) Γκρίζα, μεγέθους 31 mm, για απλούς σ ομοιοπολικούς δεσμούς.

(β) Γκρίζα, μεγέθους 46 mm και λεπτότερα από τα (α), για διπλούς ή τριπλούς δεσμούς.

(γ) Ιώδη (μοβ), μεγέθους 31 mm, για δοτικούς ομοιοπολικούς δεσμούς, όπως π.χ. σε σύμπλοκα μετάλλων.

Τα ραβδάκια έχουν την κατάλληλη διάμετρο για να ταιριάζουν στις οπές των σφαιρών. Η σύνδεση και αποσύνδεσή τους γίνεται εύκολα με απλή περιστροφή δεξιά-αριστερά και εφαρμογή ελαφράς πίεσης. Οι λοβοί είναι χρώματος ανοικτού μπλε και εισάγονται, μέσω μιας ραβδόμορφης απόληξης που έχουν στο κάτω άκρο τους, στις οπές της σφαίρας, εκεί όπου προβλέπεται να υπάρχουν μονήρη (μη δεσμικά) ζεύγη ηλεκτρονίων.

Στο σημερινό πείραμα θα προσπαθήσουμε να κατασκευάσουμε, με τα παρεχόμενα δομικά υλικά, δέκα μόρια από αυτά που δείχνει ο Πίνακας 2. Στο παρακάτω παράδειγμα περιγράφεται η πορεία που πρέπει να ακολουθήσουμε.

Παράδειγμα

Σχηματίστε το μοριακό μοντέλο του διχλωριδίου του θείου (SCl_2).

Πορεία

Αρχικά θα πρέπει να προβλέψουμε τη γεωμετρία του μορίου. Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιήσουμε τη θεωρία VSEPR. Ας θυμηθούμε τα τέσσερα βασικά βήματα που μας οδηγούν στον στόχο μας:

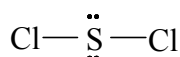
1. Σχεδιάζουμε τη δομή Lewis του μορίου.

2. Προσδιορίζουμε τον αριθμό των ηλεκτρονικών ζευγών του κεντρικού ατόμου A (δεσμικά + μονήρη ζεύγη ηλεκτρονίων, B+E) και δίνουμε στο μόριο τον ανάλογο συμβολισμό VSEPR (AB_2 , AB_3 , AB_2E κ.ο.κ.). Ο συμβολισμός αυτός δίνει ταυτόχρονα και το είδος του υβριδισμού του κεντρικού ατόμου (Ενότητα 10.3).

3. Βρίσκουμε τον γεωμετρικό προσανατολισμό των ηλεκτρονικών ζευγών B+E του κεντρικού ατόμου A (γραμμικός, επίπεδος τριγωνικός, τετραεδρικός, τριγωνικός διπυραμιδικός ή οκταεδρικός).

4. Αγνοούμε από το σχήμα του σταδίου 3 εκείνες τις κορυφές, οι οποίες οφείλονται στην παρουσία των E και χαρακτηρίζουμε το σχήμα που απομένει.

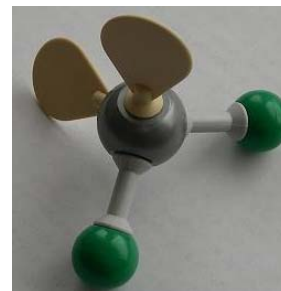
Π.χ., η δομή Lewis του μορίου SCl_2 είναι:



(Για απλούστευση έχουμε παραλείψει τα HZ γύρω από τα άτομα Cl.)

Γύρω από το κεντρικό άτομο S υπάρχουν δύο δεσμικά ζεύγη ηλεκτρονίων (B=2) και δύο μονήρη ζεύγη ηλεκτρονίων (E=2). Άρα, ο συμβολισμός VSEPR του μορίου SCl_2 είναι AB_2E_2 . Επειδή B+E=4, ο προσανατολισμός των τεσσάρων ηλεκτρονικών ζευγών του S είναι τετραεδρικός (sp^3 υβριδισμός για το άτομο S). Η πραγματική όμως γεωμετρία του μορίου SCl_2 είναι γωνιακή (κεκαμμένη), αφού οι δύο κορυφές του τετραέδρου που είναι κατειλημμένες από τα E, δεν λαμβάνονται υπόψη στον τελικό χαρακτηρισμό της γεωμετρίας.

Τώρα μπορούμε να προχωρήσουμε στην κατασκευή του μορίου SCl_2 . Από τη συλλογή μας, επιλέγουμε μία γκρίζα σφαίρα με 4 οπές για το άτομο S, δύο πράσινες σφαίρες με 1 οπή για τα δύο άτομα Cl, δύο γκρίζα ραβδάκια για τους δύο δεσμούς S-Cl και δύο λοβούς για τα δύο μονήρη ζεύγη ηλεκτρονίων του S. Συνδέουμε τα δύο άτομα Cl μέσω των ράβδων με το κεντρικό άτομο S, στη συνέχεια στερεώνουμε τους δύο λοβούς στις δύο οπές του S που απομένουν κενές και το ομοίωμα του μορίου SCl_2 είναι ... έτοιμο.



Επειδή οι επιμέρους διπολικές ροπές των δεσμών S–Cl δεν αλληλοεξουδετερώνονται, το μόριο SCl_2 θα εμφανίζει διπολική ροπή ($\mu_{\text{ολ}} \neq 0$).

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Η γωνία Cl–S–Cl στο μοντέλο που κατασκευάσαμε είναι ίση με $109^\circ 28'$, αφού αντιστοιχεί στη γωνία του κανονικού τετραέδρου. Η τιμή αυτή όμως είναι ιδανική και ισχύει μόνο για μόρια του τύπου AB_4 . Στις δύο άλλες περιπτώσεις (AB_2E_2 και AB_3E) τετραεδρικού προσανατολισμού των ηλεκτρονικών ζευγών, οι γωνίες B–A–B είναι *μικρότερες* από την ιδανική τιμή των $109^\circ 28'$, λόγω ηλεκτρονικών απώσεων E–E και E–B.

Πίνακας 2 Ενώσεις για εξάσκηση στη χρήση μοριακών μοντέλων

a/a	Όνομα ενώσεως	Μοριακός τύπος	a/a	Όνομα ενώσεως	Μοριακός τύπος
1	Αιθάνιο	C_2H_6	31	Νιτρικό ανιόν	NO_3^-
2	Αιθανόλη	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	32	Νιτρώδες ανιόν	NO_2^-
3	Αιθυλένιο	C_2H_4	33	Όζον	O_3
4	Ακεταμίδιο	CH_3CONH_2	34	Οξικό οξύ	CH_3COOH
5	Ακετόνη	CH_3COCH_3	35	Ορθοτελλουρικό οξύ	$\text{Te}(\text{OH})_6$
6	Ακετυλένιο	C_2H_2	36	Πενταφθορίδιο του βρωμίου	BrF_5
7	Αμμωνία	NH_3	37	Πενταφθορίδιο του ιωδίου	IF_5
8	Βενζόλιο	C_6H_6	38	Πενταχλωρίδιο του φωσφόρου	PCl_5
9	Διμεθυλαιθέρας	CH_3OCH_3	39	Τετραφθορίδιο του θείου	SF_4
10	Δι- ή μονοξειδίο του άνθρακα	CO_2, CO	40	Τετραφθορίδιο του ξένου	XeF_4
11	Διοξειδίο του θείου	SO_2	41	Τετραφθορίδιο του σεληνίου	SeF_4
12	Διφθορίδιο του θείου	SF_2	42	Τετραχλωράνθρακας	CCl_4
13	Διφθορίδιο του ξένου	XeF_2	43	Τριφθορίδιο του βορίου	BF_3
14	Διφθορίδιο του οξυγόνου	OF_2	44	Τριφθορίδιο του βρωμίου	BrF_3
15	Διχλωρίδιο μόλυβδου	PbCl_2	45	Τριφθορίδιο του αργιλίου	AlF_3
16	Διχλωρίδιο του βηρυλλίου	BeCl_2	46	Τριφθορίδιο του χλωρίου	ClF_3
17	Διχλωρίδιο του θείου	SCl_2	47	Τριχλωρίδιο του αργιλίου	AlCl_3
18	Διχλωρίδιο του κασσιτέρου	SnCl_2	48	Τριχλωρίδιο του γαλλίου	GaCl_3
19	Διχλωρίδιο του υδραργύρου	HgCl_2	49	Τριχλωρίδιο του φωσφόρου	PCl_3
20	Διχλωροαιθυλένιο	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$	50	Υδρίδιο του βηρυλλίου	BeH_2
21	Διχλωρομεθάνιο	CH_2Cl_2	51	Υδρίδιο του πυριτίου	SiH_4
22	Εξαφθορίδιο του θείου	SF_6	52	Υδροθείο	H_2S
23	Ιόν αμμωνίου	NH_4^+	53	Υδροκυάνιο	HCN
24	Ιόν οξωνίου	H_3O^+	54	Υδροξυλαμίνη	NH_2OH
25	Ιόν τετραφθοριδίου του βρωμίου	BrF_4^-	55	Υδροχλώριο	HCl
26	Ιόν τριωδιδίου	I_3^-	56	Υπεροξειδίο του υδρογόνου	H_2O_2
27	Μεθάνιο	CH_4	57	Φορμαλδεΰδη	H_2CO
28	Μεθυλαμίνη	CH_3NH_2	58	Φωσγένιο	COCl_2
29	Μυρμηκικό οξύ	HCOOH	59	Φωσφίνη	PH_3
30	Νερό	H_2O	60	Χλωροφόρμιο	CHCl_3

Παρατήρηση: Όλες οι ουδέτερες ενώσεις εννοούνται σε αέρια μοριακή κατάσταση.

7. Μοριακά πρότυπα και ομοιοπολικός δεσμός

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ

Όνοματεπώνυμο

Τμήμα (Α.Μ.)

Ημερομηνία

Επιβλέπων

1. Γράψτε τύπους Lewis για τα ακόλουθα χημικά είδη:

(α) HNO_2 (β) BrCN (γ) ClF_2^+ (δ) COBr_2 (ε) SnCl_3^-

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

2. Προβλέψτε τις γεωμετρίες των ακόλουθων μορίων ή πολυατομικών ιόντων:

(α) GeCl_2 (β) AsCl_3 (γ) HKrF (δ) SO_4^{2-} (ε) IF_4^+

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

3. Ποια από τα παρακάτω μόρια έχουν μηδενική διπολική ροπή;

(α) H_2S (β) PI_3 (γ) XeF_4 (δ) KrF_2 (ε) BeBr_2

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

4. Ποια από τα ακόλουθα μόρια ή ιόντα είναι τετραεδρικά;

(α) SiF_4 (β) PF_4^+ (γ) SF_4 (δ) ClF_4^- (ε) KrF_4

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

5. Τι είδους υβριδικά τροχιακά χρησιμοποιεί το κεντρικό άτομο στις ενώσεις της Ερώτησης 4;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Όργανα

Συλλογή μοριακών μοντέλων

Πορεία

1. Αναγράψετε τους μοριακούς τύπους των πέντε ενώσεων από τον Πίνακα 2 που θα σας υποδείξει ο επιβλέπων στην ανάλογη θέση του φύλλου εργασίας.
2. Ακολουθήστε τα βήματα του Παραδείγματος 1 και συμπληρώστε για κάθε ένωση τα αντίστοιχα κενά του πίνακα στο φύλλο εργασίας.
3. Επιλέξτε από τη συλλογή σας τα κατάλληλα κομμάτια (σφαίρες, ραβδάκια, λοβούς) που απαιτούνται για να σχηματίσετε την πρώτη ένωση.
4. Συναρμολογήστε τα κομμάτια με βάση τη δομή Lewis της ενώσεως. Χρησιμοποιήστε μονήρη HZ μόνο για το κεντρικό άτομο!
5. Επαναλάβετε τα στάδια 3 και 4 για καθεμιά από τις υπόλοιπες τέσσερις ενώσεις.

ΦΥΛΛΟ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**Μοριακά πρότυπα
και ομοιοπολικός
δεσμός**

ΤΜΗΜΑ (Α.Μ.)
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

7

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα

α/α	Μοριακός τύπος	Δομή Lewis	Συμβολισμός VSEPR	Προσανατολισμός HZ	Μοριακή γεωμετρία	Υβριδισμός κεντρικού ατόμου	Διπολική ροπή (ναι-όχι)
1							
2							
3							
4							
5							

