

Άσκηση 10.1

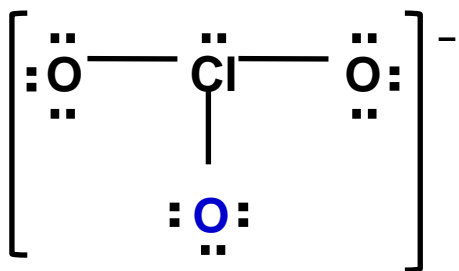
(α) Χρησιμοποιήστε το μοντέλο VSEPR για να προβλέψετε τη γεωμετρία των ακόλουθων οντοτήτων:



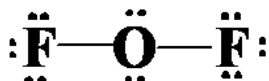
(β) Ποια αναμένεται να είναι (κατά προσέγγιση) η τιμή των γωνιών των δεσμών O–Cl–O στο (i), των F–O–F στο (ii) και των F–Si–F στο (iii);

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

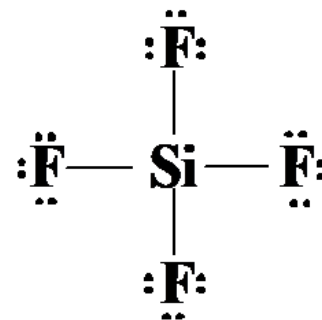
(α) Γράφουμε τους τύπους Lewis των ειδών



Τριγωνική
πυραμιδική



Κεκαμμένη ή
γωνιακή

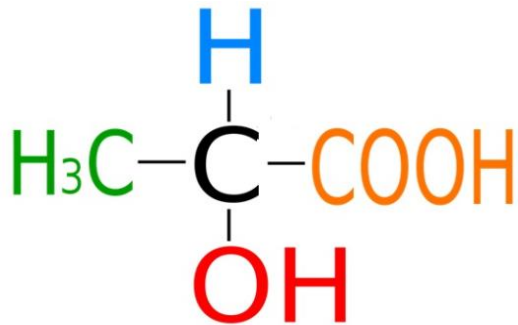


Τετραεδρική

(β) Γωνία O–Cl–O στο (i): μικρότερη από $109,5^\circ$
γωνία F–O–F στο (ii): μικρότερη από $109,5^\circ$
γωνία F–Si–F στο (iii): $109,5^\circ$

Μοριακή γεωμετρία και προβλέψεις βάσει του μοντέλου VSEPR

Για εφαρμογή του μοντέλου VSEPR σε πολύπλοκα μόρια π.χ.



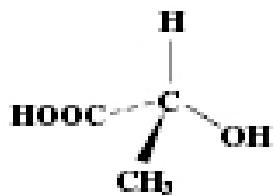
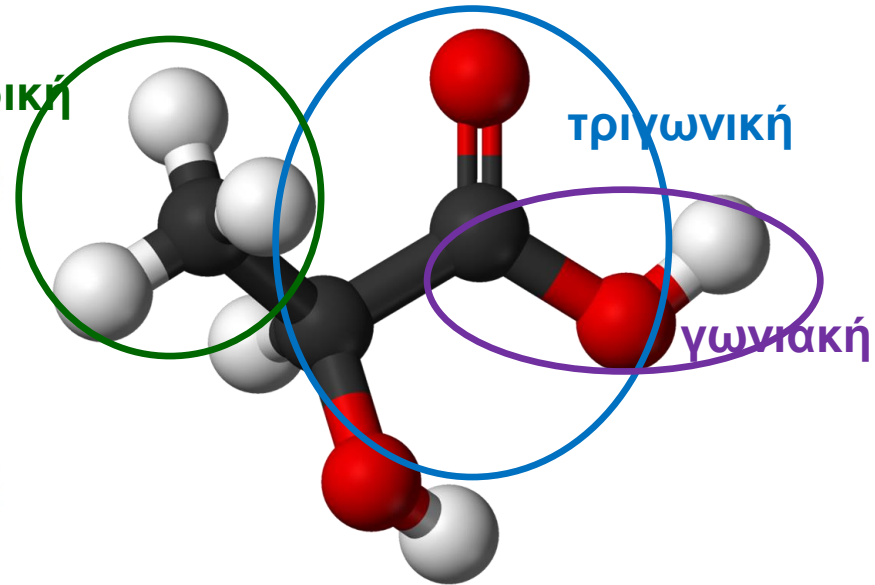
Γαλακτικό οξύ

Φανταζόμαστε το μόριο κομμένο σε τμήματα ώστε σε καθένα να μπορούμε να εφαρμόσουμε το VSEPR

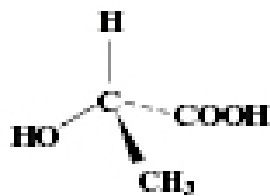
τετραεδρική

τριγωνική

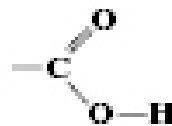
γωνιακή



D-γαλακτικό οξύ



L-γαλακτικό οξύ



—COOH σημαίνει

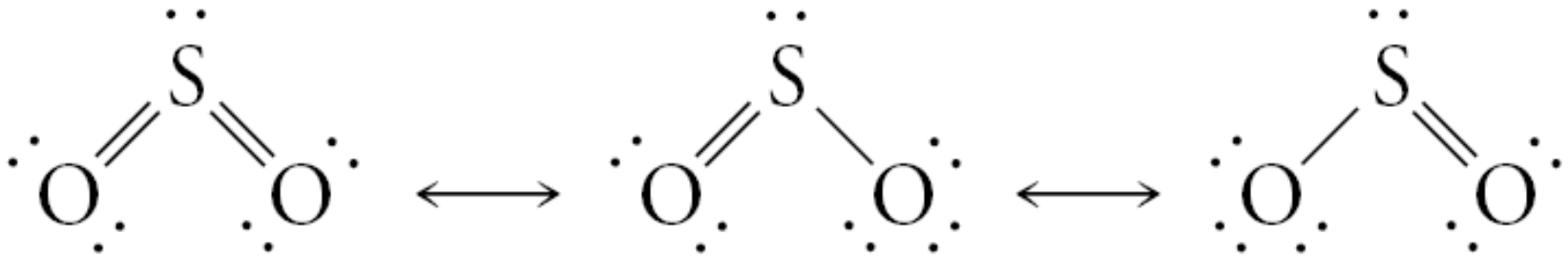
Στεreoχημικός τύπος Γαλακτικού οξέος

Μοριακό μοντέλο Γαλακτικού οξέος

Μοριακή γεωμετρία και προβλέψεις βάσει του μοντέλου VSEPR

Πώς εφαρμόζεται το μοντέλο VSEPR σε περιπτώσεις **δομών συντονισμού**;

Π.χ. Ποιά η γεωμετρία του **SO₂**;



★ Όποια **δομή συντονισμού** και αν θεωρήσουμε, το άτομο S περιβάλλεται από 3 ηλεκτρονικά ζεύγη (γενικός τύπος AB₂E, ο διπλός δεσμός μετρά ως απλός)

⇒ μόριο SO₂ κεκαμμένο (ή γωνιακό)

Διπολική ροπή και μοριακή γεωμετρία

☞ Οι προβλέψεις από VSEPR για τη γεωμετρία ενός μορίου πρέπει να επαληθεύονται από το πείραμα...

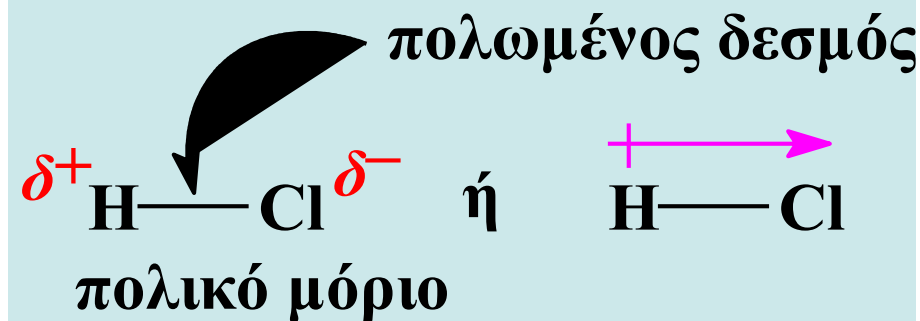
☞ Πληροφορίες για τη **μοριακή γεωμετρία** είναι δυνατόν να ληφθούν και από τη **διπολική ροπή** (μετρούμενη πειραματικά) των μορίων, η τιμή της οποίας σχετίζεται με την πολικότητά τους.

☞ **Διπολική ροπή** (μ): διανυσματικό μέγεθος (με μέτρο και κατεύθυνση) που μετρά ποσοτικά το **διαχωρισμό φορτίων** σε ένα μόριο και συνεπώς είναι δείκτης της **πολικότητας** του μορίου

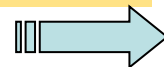
Παράδειγμα H-Cl:

$$X_{\text{Cl}} = 3,0 \quad X_{\text{H}} = 2,1 \Rightarrow \Delta X = 0,9^*$$

* Κάθε μόριο AB, για το οποίο $\Delta X \neq 0$, είναι πολικό



Δίπολο: μόριο με κέντρα θετικού και αρνητικού φορτίου (π.χ. H-Cl) που έχει **μόνιμη** διπολική ροπή



Πολικά μόρια και διπολική ροπή

Ένα δίπολο έχει μόνιμη διπολική ροπή μ :

$$\mu = \delta d$$

d = η απόσταση ανάμεσα στα μερικά φορτία δ^+ και δ^-

Μονάδα μέτρησης διπολικής ροπής στο SI: Coulomb × meter (C m)

Παλιότερη μονάδα: Debye (D), 1 D = 3,34 × 10⁻³⁰ C m

Παράδειγμα H-Cl:

⇒ Η πειραματική τιμή της διπολικής ροπής του HCl είναι:

1,08 D ή 3,61×10⁻³⁰ C m

• Προσδιορισμός κατά Pauling ΙΟΝΤΙΚΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ομοιπολικού δεσμού ένωσης:

Αν το HCl ήταν καθαρά ιοντική ένωση τότε τα ιόντα H⁺ και Cl⁻ θα έφεραν το καθένα τη μονάδα φορτίου 1,602×10⁻¹⁹ C. Επειδή το μήκος δεσμού HCl είναι $d = 127$ pm θεωρητικά η διπολική ροπή του υποθετικού H⁺ Cl⁻ θα ήταν:

$$\mu = (1,602 \times 10^{-19} \text{ C})(127 \times 10^{-12} \text{ m}) = 2,03 \times 10^{-29} \text{ C m}$$

Οπότε κατά Pauling το ΙΟΝΤΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ του δεσμού H-Cl είναι:

$$\frac{3,61 \times 10^{-30} \text{ C m}}{2,035 \times 10^{-29} \text{ C m}} = 0,1774 \text{ ή } 17,8\%$$

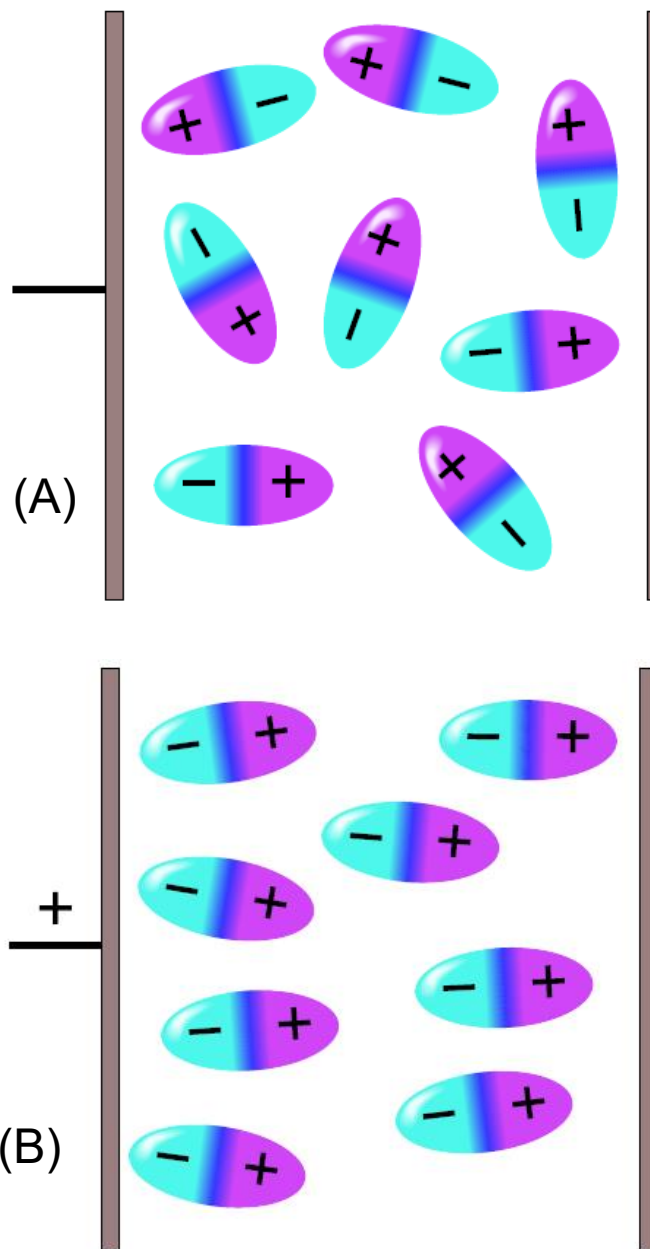
Άσκηση 10.2α

Υπολογισμός μερικών φορτίων δ^+ και δ^-

- (α) Το μήκος του δεσμού στο μόριο HF είναι 0,92 Å. Το HF έχει διπολική ροπή ίση με 1,82 D. Υπολογίστε (σε μονάδες e) τα μερικά φορτία των ατόμων H και F.
- (β) Ποιό είναι κατά Pauling το *ιοντικό ποσοστό* του δεσμού H-F;



Μέτρηση της διπολικής ροπής



Προσανατολισμός πολικών μορίων

(A) χωρίς ηλεκτρικό πεδίο

(B) εντός ηλεκτρικού πεδίου

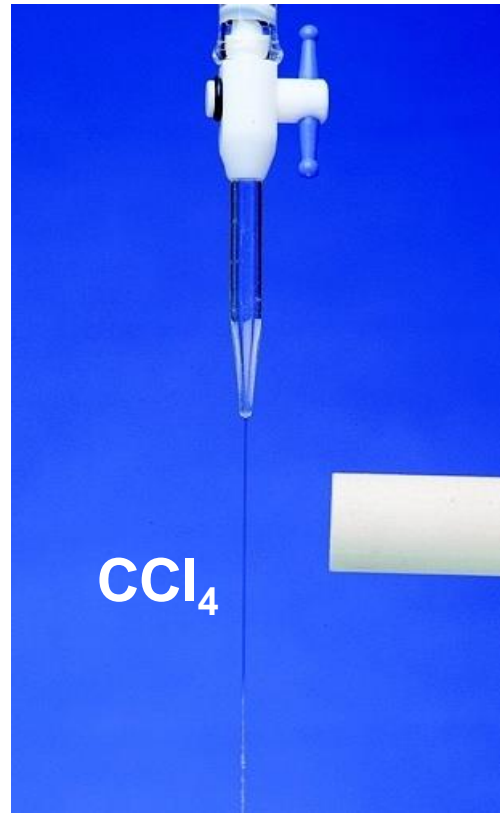
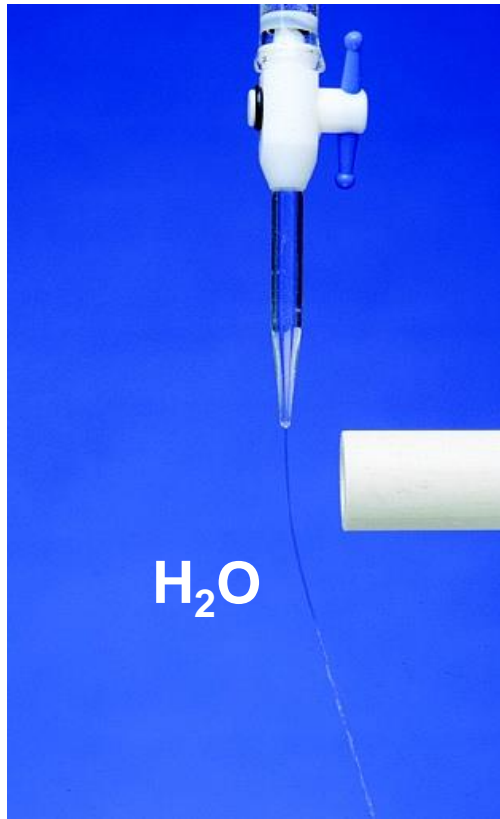
Τα μη πολικά μόρια δεν επηρεάζονται από ηλεκτρικά πεδία.

Τα πολικά μόρια, μπορούν και προσανατολίζονται μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο: τα αρνητικά τους άκρα στρέφονται προς τη θετική πλάκα, ενώ τα θετικά άκρα προς την αρνητική πλάκα.

Αυτός ο προσανατολισμός των μορίων επηρεάζει τη χωρητικότητα των φορτισμένων πλακών.

Μετρήσεις της χωρητικότητας πλακών με διάφορες ουσίες ανάμεσά τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εύρεση των διπολικών ροπών αυτών των ουσιών.

Διάκριση πολικού υγρού από ένα μη πολικό



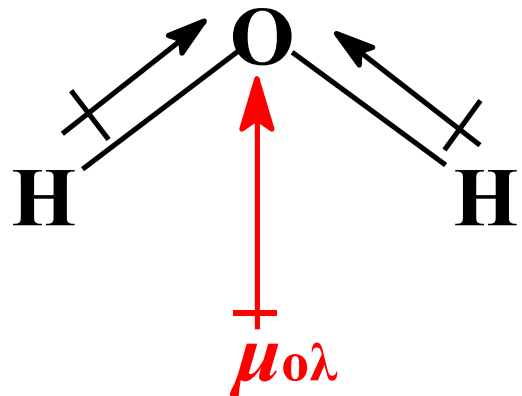
Το **νερό** είναι ένα πολικό υγρό και γι' αυτό **έλκεται** προς την ηλεκτρικά φορτισμένη ράβδο. Στην επιφάνεια του υγρού που βρίσκεται κοντά στη φορτισμένη ράβδο **σχηματίζονται φορτία αντίθετα** προς αυτά που φέρει η ράβδος, με αποτέλεσμα την **έλξη** του υγρού από τη ράβδο.

Το **τετραχλωρίδιο του άνθρακα, CCl_4** , είναι ένα μη πολικό υγρό και **δεν έλκεται** προς τη γυάλινη ράβδο.

Έλξη πολικού υγρού προς μια ηλεκτρισμένη ράβδο

Διπολική ροπή και μοριακή γεωμετρία

Μπορούμε να συσχετίσουμε την παρουσία ή απουσία διπολικής ροπής σε μόριο με τη μοριακή του γεωμετρία;

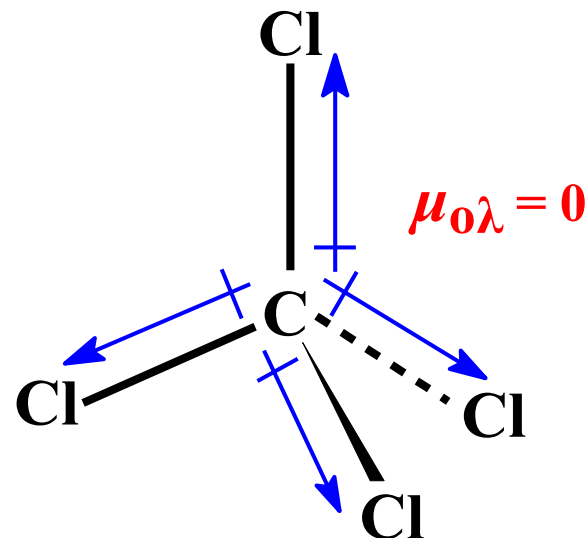


Το μόριο H_2O είναι κεκαμμένο.

Οι επιμέρους διπολικές ροπές των δεσμών O–H δίνουν συνισταμένη διπολική ροπή $\mu_{ολ} \neq 0$

⇒ μόριο πολικό

Πειραματικά: $\mu(\text{H}_2\text{O}) = 1,94 \text{ D}$

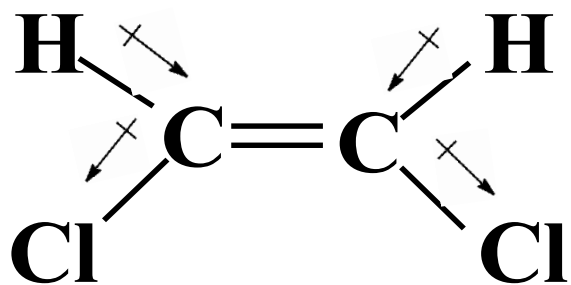


Το μόριο CCl_4 είναι τετραεδρικό.

Οι επιμέρους διπολικές ροπές των δεσμών C–Cl δίνουν συνισταμένη διπολική ροπή $\mu_{ολ} = 0$

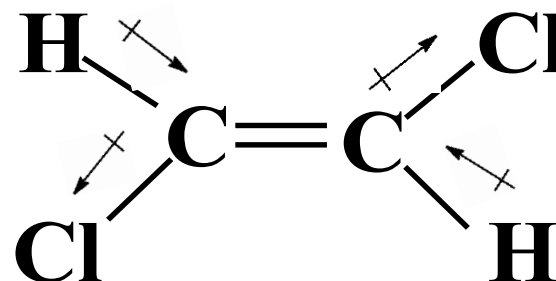
⇒ μόριο μη πολικό

Διπολική ροπή και μοριακή γεωμετρία



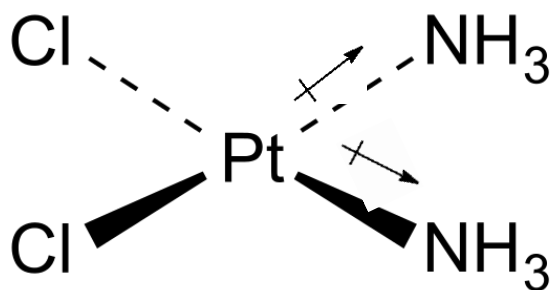
cis-1,2-διχλωροαιθένιο
σ.ζ. 48°C

ΠΟΛΙΚΟ ΜΟΡΙΟ



trans-1,2-διχλωροαιθένιο
σ.ζ. 60°C

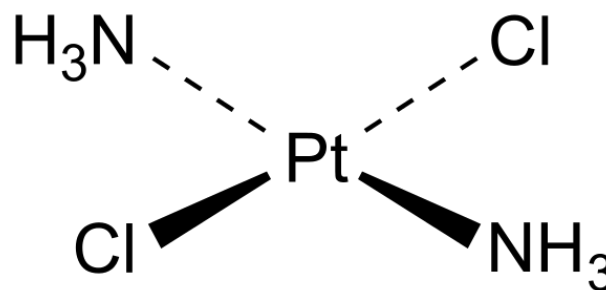
Μη ΠΟΛΙΚΟ ΜΟΡΙΟ



cis-διαμμινοδιχλωρολευκόχρυσος(II)

Cisplatin

ΠΟΛΙΚΟ ΜΟΡΙΟ



trans-διαμμινοδιχλωρολευκόχρυσος(II)

Transplatin

Μη ΠΟΛΙΚΟ ΜΟΡΙΟ

Διπολική ροπή και μοριακή γεωμετρία

☆ Για να πούμε αν ένα πολυατομικό μόριο είναι πολικό ή όχι, θα πρέπει, εκτός από την **πολικότητα των δεσμών**, να λαμβάνουμε υπ' όψιν και τη **μοριακή γεωμετρία!!**

⊛ Γενικά, όλα τα μόρια του τύπου $A\text{X}_n$ ($n = 2-6$) είναι, λόγω **συμμετρίας**, μη πολικά, παρά την ύπαρξη επιμέρους διπολικών ροπών των δεσμών A-X.

➔ Πολυατομικά μόρια των τύπων $A\text{X}_n\text{E}_m$ (όπου E τα μονήρη ζεύγη ηλεκτρονίων κεντρικού ατόμου A) είναι **πολικά**.

Άσκηση 10.4

Σχέση γεωμετρίας και πολικότητας πολυατομικών μορίων

Ποιο από τα παρακάτω μόρια θα περιμένατε, για λόγους συμμετρίας, να έχει διπολική ροπή ίση με μηδέν; Εξηγήστε.

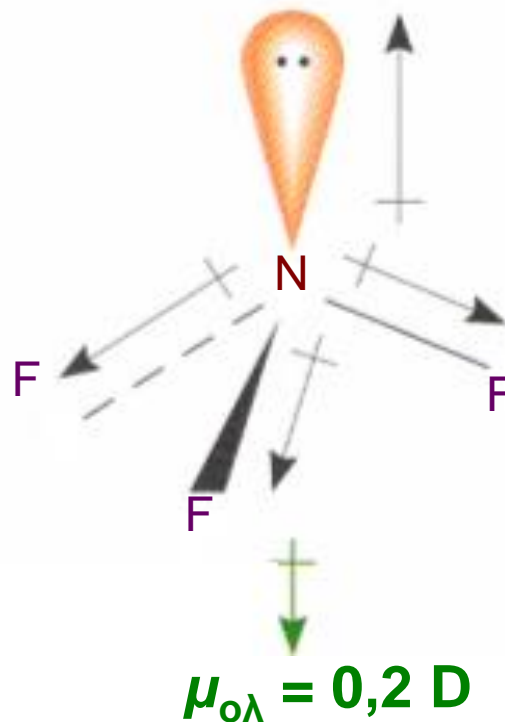
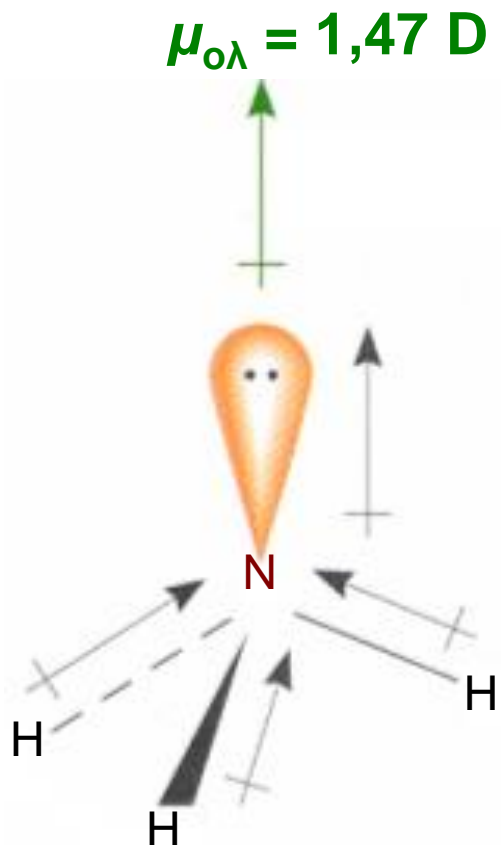
(α) SOCl_2

(β) SiF_4

(γ) OF_2

Για να προβλέψουμε αν ένα μόριο έχει διπολική ροπή ($\mu_{\text{ολ}} \neq 0$), χρειαζόμαστε τις τιμές **ηλεκτραρνητικότητας (X)** των ατόμων του και, εφόσον το μόριο αποτελείται από περισσότερα των δύο ατόμων, χρειαζόμαστε και την ακριβή **γεωμετρία** του.

Επίδραση των μονήρων ΗΖ πάνω στη διπολική ροπή



Ερμηνεία της μικρής διπολικής ροπής του NF_3

Η διπολική ροπή που οφείλεται στο μονήρες ΗΖ αντισταθμίζει τις διπολικές ροπές των δεσμών N–F και το μόριο NF_3 εμφανίζεται με πολύ μικρή διπολική ροπή.

Αντίθετα, στο μόριο NH_3 , η διπολική ροπή του μονήρους ΗΖ ενισχύει τις διπολικές ροπές των δεσμών N–H.

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΔΕΣΜΟΥ ΣΘΕΝΟΥΣ

(Θεωρία VB ή θεωρία του ηλεκτρονικού ζεύγους)

⇒ Κατά τη δημιουργία του δεσμού μεταξύ δύο ατόμων A και B πρέπει:

1. Ένα τροχιακό σθένους του ατόμου A να **συγχωνεύεται** εν μέρει με ένα τροχιακό σθένους του ατόμου B. Τότε λέμε ότι τα τροχιακά **μοιράζονται μια περιοχή** του χώρου ή ότι **επικαλύπτονται**.

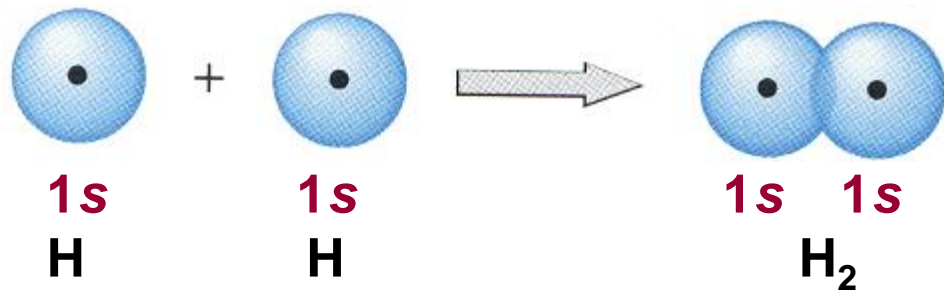
2. Τα δύο τροχιακά να μην περιέχουν περισσότερα από δύο ηλεκτρόνια, και αυτά μόνο εφόσον έχουν **αντίθετα spin**.

⇒ Καθώς το τροχιακό του ενός ατόμου επικαλύπτει το τροχιακό του άλλου, τα ηλεκτρόνια στα τροχιακά αυτά αρχίζουν να **κινούνται γύρω από τα δύο άτομα**.

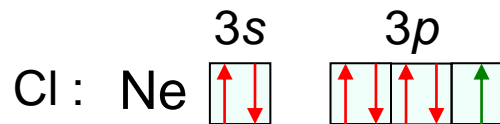
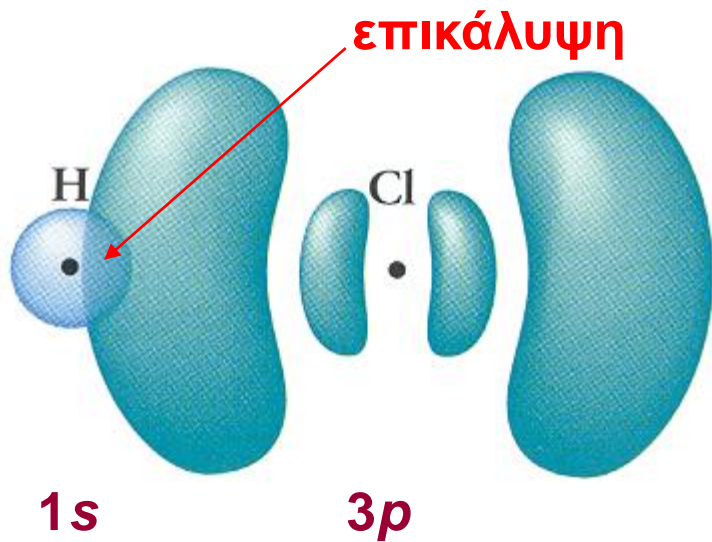
Επειδή τα ηλεκτρόνια έλκονται συγχρόνως και από τους δύο πυρήνες, τα άτομα αναγκαστικά πλησιάζουν το ένα το άλλο, δημιουργώντας αυτό που λέμε **δεσμό**.

⇒ Η **ισχύς** του δημιουργούμενου **δεσμού** εξαρτάται από την **έκταση της επικάλυψης**. **Όσο μεγαλύτερη είναι η επικάλυψη, τόσο ισχυρότερος είναι ο δεσμός.**

Πώς σχηματίζεται ο δεσμός στο H_2 και στο HCl



Ο σχηματισμός του δεσμού H–H στο μόριο H_2 πραγματοποιείται με **επικάλυψη** των τροχιακών 1s των δύο ατόμων H.



Ο σχηματισμός του δεσμού H–Cl στο μόριο HCl πραγματοποιείται με **επικάλυψη** του τροχιακού 1s του ατόμου H με το τροχιακό 3p του ατόμου Cl

☆ Όλα τα τροχιακά, πλην του s, επικαλύπτονται κατά τις κατευθύνσεις που δείχνουν οι λοβοί τους, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη επικάλυψη.

Άσκηση 5.1

Ερμηνεία δεσμών με βάση τη θεωρία VB

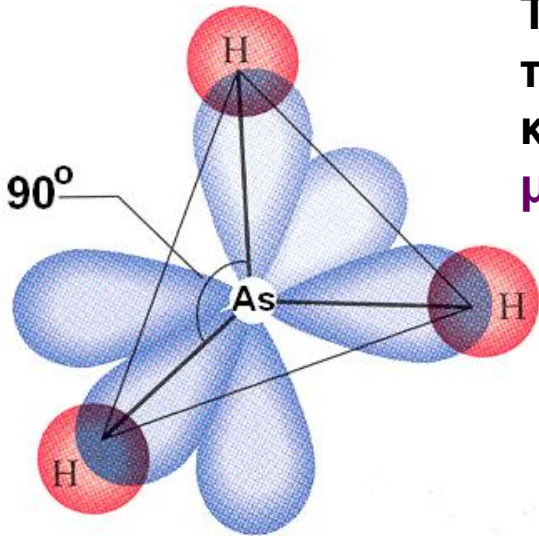
Χρησιμοποιήστε τη θεωρία VB για να περιγράψετε το σχηματισμό των δεσμών και την αναμενόμενη γεωμετρία στο αρσάνιο, AsH_3 .

As: Ομάδα 5A \Rightarrow ηλεκτρονική δομή φλοιού σθένους $4s^2 4p^3$ ή πιο αναλυτικά $4s^2 4p_x^1 4p_y^1 4p_z^1$.

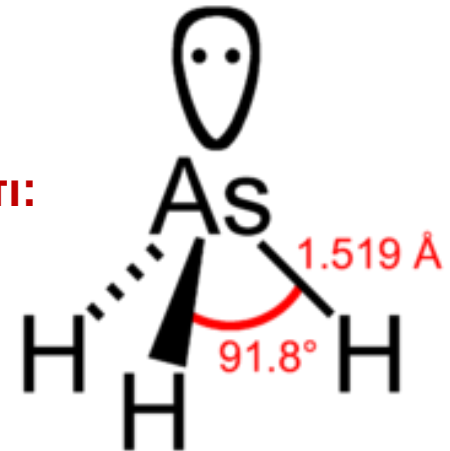
Τα ημισυμπληρωμένα p τροχιακά του **As** επικαλύπτονται με τα ημισυμπληρωμένα **1s** τροχιακά τριών ατόμων **H** \Rightarrow

\Rightarrow 3 δεσμοί As–H, οι οποίοι μεταξύ τους σχηματίζουν γωνία 90° (= γωνία των p τροχιακών).

Τα 3 άτομα H κατέχουν τις κορυφές ενός ισοπλεύρου τριγώνου, ενώ το άτομο As βρίσκεται πάνω από το κέντρο του τριγώνου, έτσι ώστε το μόριο να σχηματίζει μια **τριγωνική πυραμίδα**.

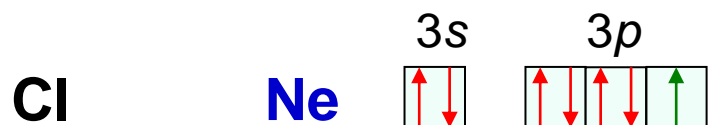


;;;Όμως πειραματικά βρέθηκε ότι:

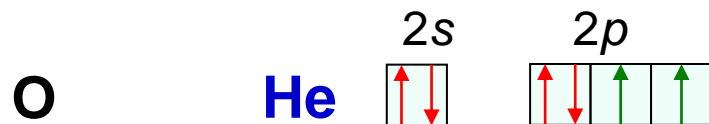


Αριθμός δεσμών σύμφωνα με τη θεωρία VB

Πόσους δεσμούς μπορούν να σχηματίσουν τα στοιχεία Cl, O και C σύμφωνα με τη θεωρία VB;



Cl: **ένα** ασύζευκτο ηλεκτρόνιο και σχηματίζει **ένα** δεσμό, π.χ. H–Cl



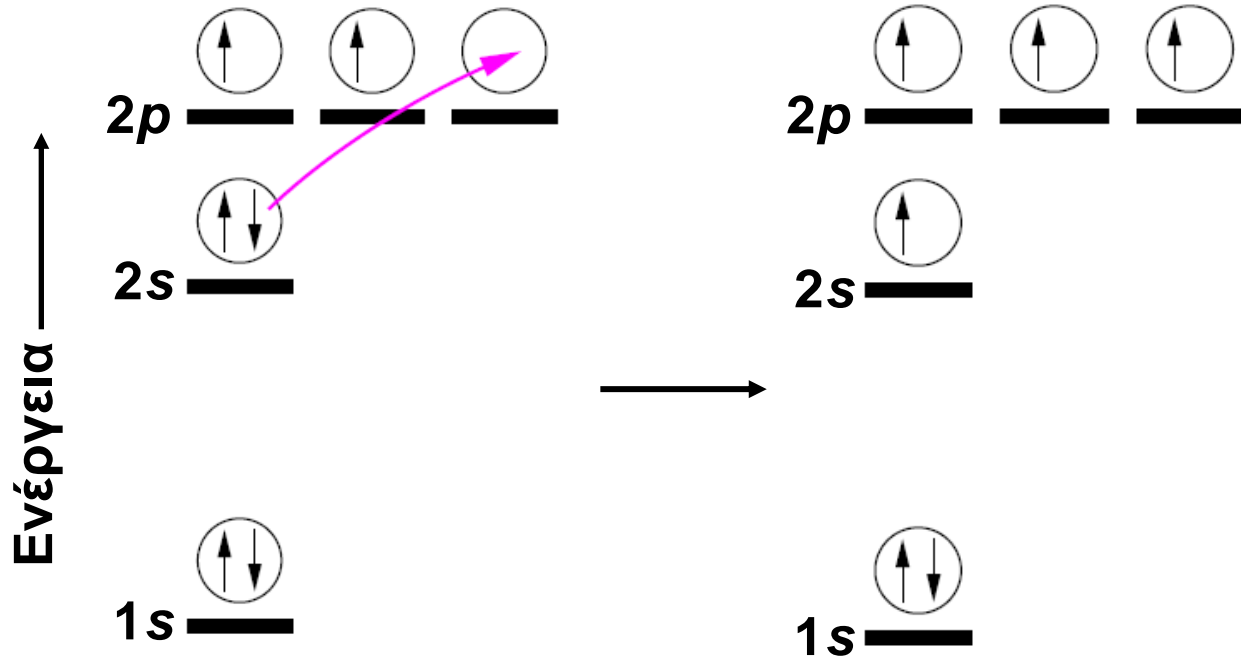
O: **δύο** ασύζευκτα ηλεκτρόνια και σχηματίζει **δύο** δεσμούς, π.χ. H–O–H



C: **δύο** ασύζευκτα ηλεκτρόνια και σχηματίζει **τέσσερις (!)** δεσμούς στο μεθάνιο, CH₄.

Θεμελιώδης και διεγερμένη κατάσταση

Πώς εξηγείται το γεγονός ότι ο άνθρακας με δύο ασύζευκτα ηλεκτρόνια στη θεμελιώδη κατάσταση σχηματίζει συνήθως τέσσερις δεσμούς;



Γιατί η διεγερμένη κατάσταση δεν είναι αρκετή για την περιγραφή των τεσσάρων δεσμών που σχηματίζει ο άνθρακας (π.χ. στο μεθάνιο);

Άτομο C

Άτομο C

(θεμελιώδης κατάσταση)

(διεγερμένη κατάσταση)

Γιατί ο σχηματισμός του CH_4 δεν μπορεί να ερμηνευθεί βάσει της διεγερμένης κατάστασης του ατόμου C;

1. Οι 4 ομοιοπολικοί δεσμοί στο μεθάνιο θα ήταν δύο τύπων: ένας δεσμός από την επικάλυψη του τροχιακού $2s$ του C με το τροχιακό $1s$ ενός ατόμου H και τρεις δεσμοί από την επικάλυψη των τριών $2p$ τροχιακών του C με τα τρία $1s$ τροχιακά τριών ατόμων H.

Προφανώς, οι δύο τύποι δεσμών, λόγω διαφορετικών επικαλύψεων, δεν θα ήταν ισότιμοι μεταξύ τους!

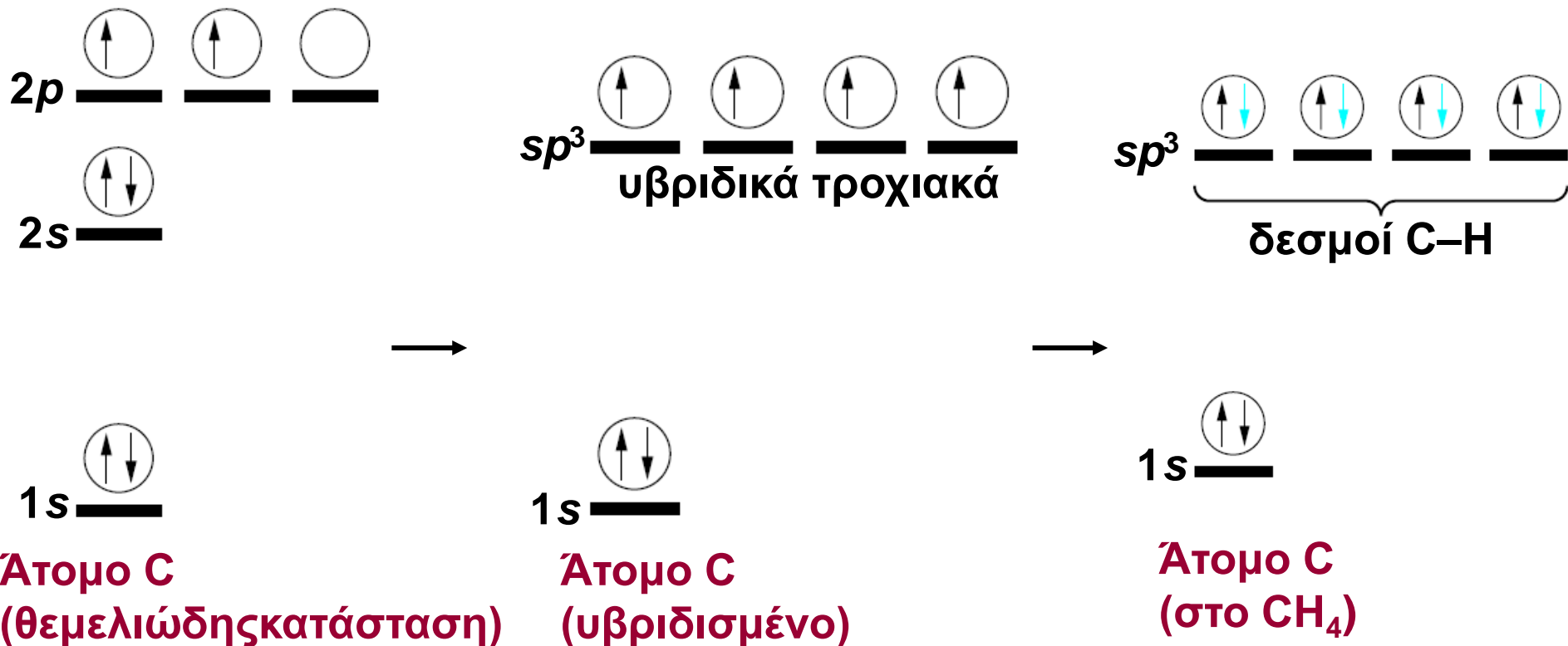
2. Όσον αφορά στη γεωμετρία του CH_4 , οι τρεις δεσμοί $2p-1s$ θα σχημάτιζαν ορθές γωνίες μεταξύ τους, ενώ ο τέταρτος δεσμός $2s-1s$ θα είχε τυχαίο προσανατολισμό.

Το πείραμα δείχνει ότι οι 4 δεσμοί C–H στο μεθάνιο είναι πανομοιότυποι και η γεωμετρία του μορίου τετραεδρική (κάθε γωνία H–C–H = 109° και $28'$).

Αυτό σημαίνει ότι τα τροχιακά του άνθρακα που εμπλέκονται στους δεσμούς είναι μεταξύ τους απολύτως ισοδύναμα.

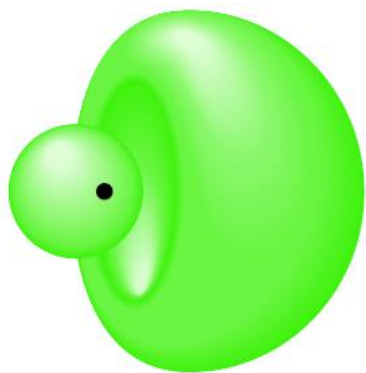
Τι είναι τα υβριδικά τροχιακά;

Υβριδικά τροχιακά: τα τροχιακά τα οποία χρησιμοποιούμε στην περιγραφή δεσμών και τα οποία λαμβάνουμε με συνδυασμούς ατομικών τροχιακών των μεμονωμένων ατόμων.

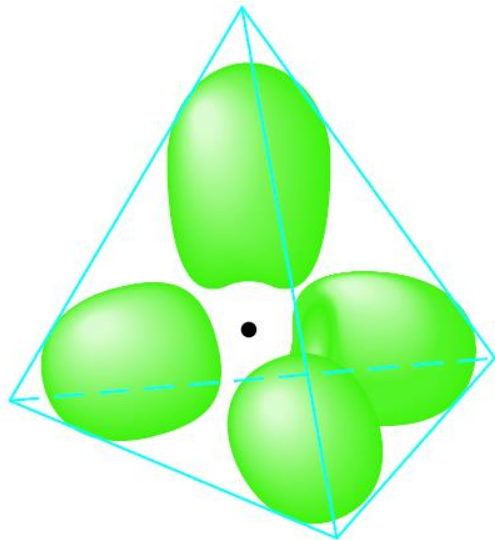


☆☆ Τα υβριδικά τροχιακά είναι σε αριθμό ίσα με τα αρχικά ατομικά τροχιακά, διαφέρουν όμως από αυτά ως προς την **ενέργεια**, τη **μορφή** (συμμετρία ηλεκτρονικού νέφους) και τον **προσανατολισμό**.

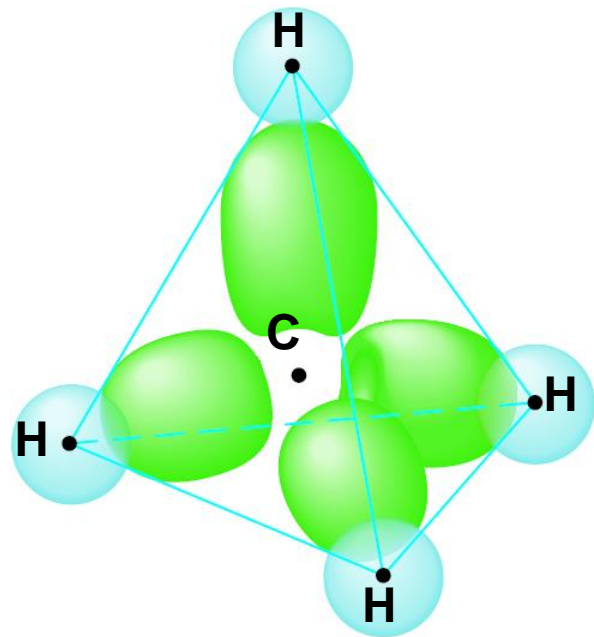
Πώς προσανατολίζονται τα sp^3 υβριδικά τροχιακά στο χώρο



Ένα μεμονωμένο υβριδικό τροχιακό sp^3 . Από τους δύο λοβούς, στο δεσμό συμμετέχει ο μεγάλος λοβός.

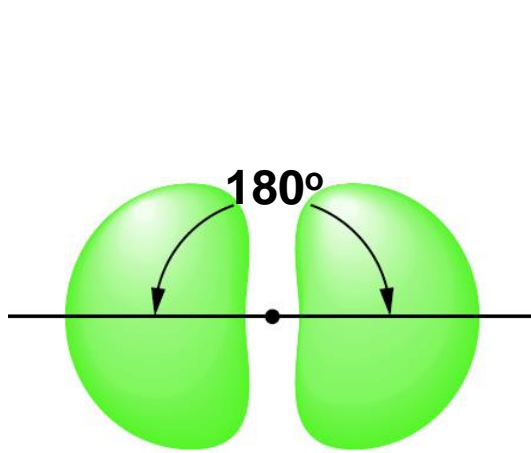


Ο τετραεδρικός προσανατολισμός των τεσσάρων sp^3 υβριδικών τροχιακών.
(Οι μικροί λοβοί έχουν παραλειφθεί για ευκρίνεια.)

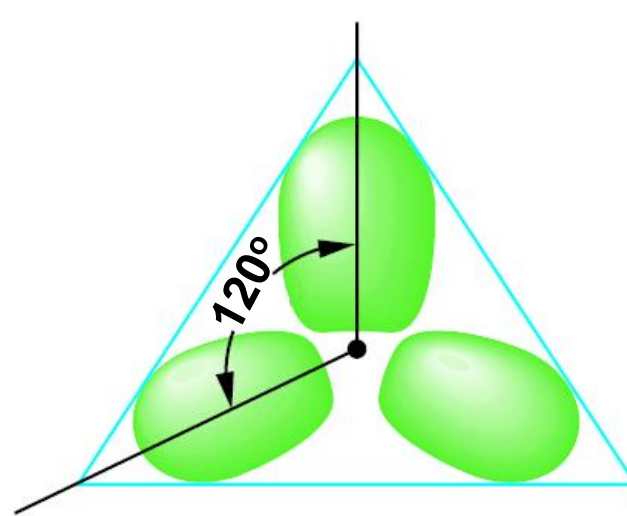


Οι τέσσερις δεσμοί C–H στο μεθάνιο προέρχονται από επικαλύψεις $s-sp^3$.

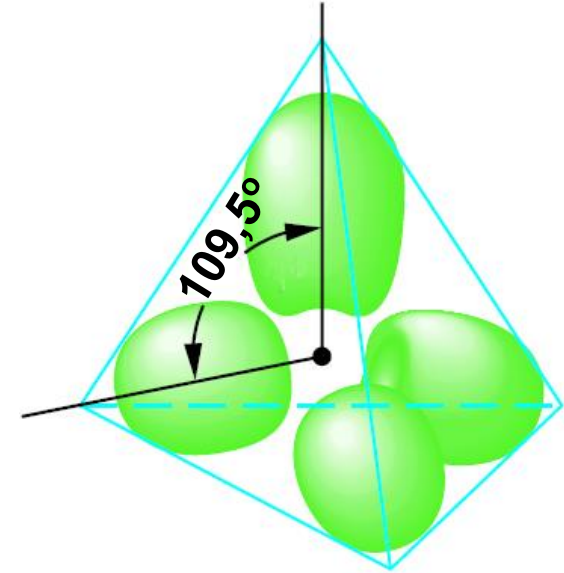
Προσανατολισμός των υβριδικών τροχιακών sp , sp^2 και sp^3 στο χώρο



$s + p \Rightarrow$ δύο sp
υβριδικά τροχιακά
Γραμμικός
προσανατολισμός



$s + 2 p \Rightarrow$ τρία sp^2
υβριδικά τροχιακά
Επίπεδος
τριγωνικός
προσανατολισμός



$s + 3 p \Rightarrow$ τέσσερα sp^3
υβριδικά τροχιακά
Τετραεδρικός
προσανατολισμός

Κάθε λοβός παριστάνει ένα υβριδικό τροχιακό (οι μικροί λοβοί έχουν παραλειφθεί για ευκρίνεια).

Οι συνηθισμένοι τύποι υβριδικών τροχιακών και η αντίστοιχη γεωμετρική τους διεύθυνση (προσανατολισμός)

Υβριδικά τροχιακά	Προσανατολισμός τροχιακών	Αριθμός τροχιακών	Παράδειγμα
sp	Γραμμικός	2	Be στο BeF_2
sp^2	Επίπεδος τριγωνικός	3	B στο BF_3
sp^3	Τετραεδρικός	4	C στο CH_4
sp^3d	Τριγωνικός διπυραμιδικός	5	P στο PCl_5
sp^3d^2	Οκταεδρικός	6	S στο SF_6

!!! Αν γνωρίζουμε τον τύπο των υβριδικών τροχιακών, βρίσκουμε τη γεωμετρική διεύθυνση (προσανατολισμό) των τροχιακών και τη μοριακή γεωμετρία. Ισχύει και το αντίστροφο:

☞ Αν γνωρίζουμε τον προσανατολισμό των τροχιακών (μοριακή γεωμετρία), βρίσκουμε τον τύπο των υβριδικών τροχιακών.

Πώς περιγράφουμε τους δεσμούς γύρω από ένα άτομο βάσει της θεωρίας VB

Ακολουθούμε κατά σειρά τα εξής πέντε βήματα:

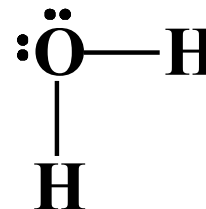
1. Γράφουμε τη δομή Lewis του μορίου.
2. Βρίσκουμε τη διεύθυνση των ηλεκτρονικών ζευγών (μοντέλο VSEPR) γύρω από το κεντρικό άτομο.
3. Συμπεραίνουμε τον τύπο των υβριδικών τροχιακών που χρησιμοποιεί το κεντρικό άτομο.
4. Τοποθετούμε τα ηλεκτρόνια σθένους του κεντρικού ατόμου, ένα σε κάθε υβριδικό τροχιακό.
Αν τα ηλεκτρόνια υπερτερούν, σχηματίζουμε HZ.
5. Δημιουργούμε τους δεσμούς γύρω από το κεντρικό άτομο επικαλύπτοντας τα υβριδικά τροχιακά που φέρουν μονήρη ηλεκτρόνια.

Παράδειγμα 10.4

Εφαρμογή της θεωρίας VSEPR στην πρόβλεψη του υβριδισμού

Χρησιμοποιήστε υβριδικά τροχιακά για να περιγράψετε τους δεσμούς στο μόριο του νερού, H_2O , σύμφωνα με τη θεωρία του δεσμού σθένους.

1. Γράφουμε τη δομή Lewis του νερού



2. Τα τέσσερα HZ γύρω από το οξυγόνο υποδηλώνουν τετραεδρικό προσανατολισμό.

3. Τετραεδρικός προσανατολισμός των HZ σημαίνει τύπος υβριδισμού sp^3

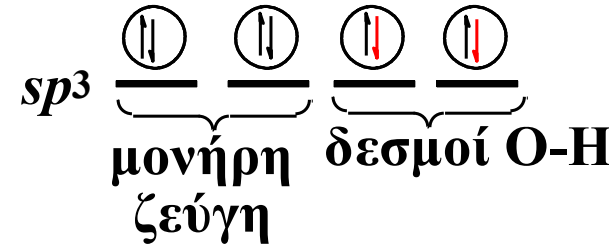
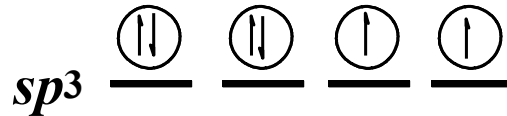
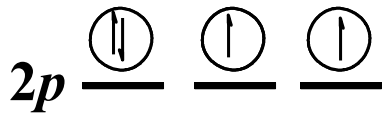
4. Τοποθετούμε τα ηλεκτρόνια σθένους του οξυγόνου, ένα σε κάθε υβριδικό τροχιακό. Επειδή τα ηλεκτρόνια υπερτερούν, σχηματίζουμε δύο μονήρη HZ.



Παράδειγμα 10.4

5. Δημιουργούμε τους δύο δεσμούς O–H γύρω από το κεντρικό άτομο του O.

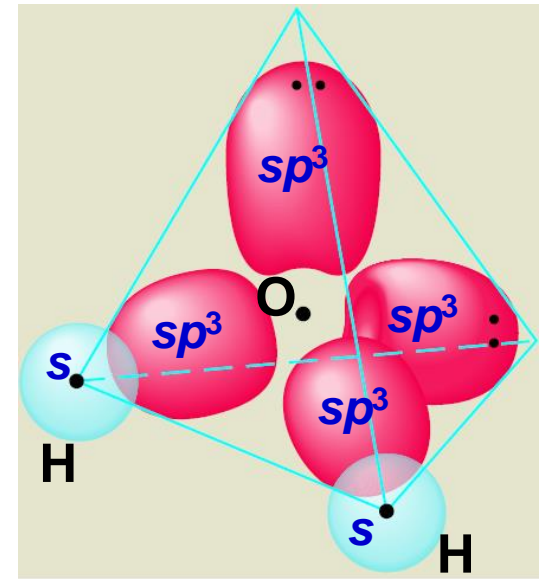
Κάθε δεσμός O–H σχηματίζεται από επικάλυψη ενός τροχιακού 1s από πλευράς υδρογόνου με ένα από τα ημικατειλημμένα sp^3 υβριδικά τροχιακά του οξυγόνου.



Άτομο O
(θεμελιώδης
κατάσταση)

Άτομο O
(υβριδισμένο)

Άτομο O
(στο μόριο H₂O)



Άσκηση 10.5

Εφαρμογή της θεωρίας του δεσμού σθένους

Χρησιμοποιήστε υβριδικά τροχιακά για να περιγράψετε τους δεσμούς στο μόριο NH_3 σύμφωνα με τη θεωρία του δεσμού σθένους.

Άσκηση 5.1

Χρησιμοποιήστε υβριδικά τροχιακά για να περιγράψετε το σχηματισμό των δεσμών και την αναμενόμενη γεωμετρία στην αρσίνη ή αρσάνιο (όνομα IUPAC), AsH_3 σύμφωνα με τη θεωρία του δεσμού σθένους.

Ασκήσεις

(ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ, Πολλαπλών επιλογών με πολλαπλές απαντήσεις)

1. Ποιά από τα παρακάτω χαρακτηριστικά ταιριάζουν στο μόριο του τριχλωριδίου του αντιμονίου;

- Διαθέτει πολωμένους δεσμούς
- Είναι πολικό μόριο
- Έχει επίπεδη τριγωνική γεωμετρία
- Διαθέτει ένα ασύζευκτο ζεύγος ηλεκτρονίων
- Ο υβριδισμός του αντιμονίου είναι sp^2
- Έχει τριγωνική πυραμιδική γεωμετρία

2. Ποια από τα παρακάτω μόρια θα περιμένατε να έχουν μηδενική διπολική ροπή;

- $BeCl_2$
- $AsCl_3$
- NF_3
- BI_3
- $GeCl_4$
- H_2Se