



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑ Ι

Ενότητα 11
Διατομικά Μόρια

Δημήτρης Κονταρίδης
Αναπληρωτής Καθηγητής

Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Χημικών Μηχανικών

Ενδεικτική βιβλιογραφία

1. **ATKINS, ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑ**
P.W. Atkins, J. De Paula
(Atkins' Physical Chemistry, 9th Edition, 2010)
Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2014
2. **ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗΣ ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ**
Στέφανος Τραχανάς
Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2012
3. **PHYSICAL CHEMISTRY: A Molecular Approach**
D.A. McQuarrie, J.D. Simon
University Science Books, Sausalito, California, 1997
4. **PRINCIPLES OF PHYSICAL CHEMISTRY**, 2nd Edition
H. Kuhn, H.-D. Forsterling, D.H. Waldeck
John Wiley & Sons, Inc., 2000

Διατομικά μόρια

Εισαγωγή

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των μοριακών τροχιακών του H_2^+ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή της ηλεκτρονιακής διαμόρφωσης της βασικής κατάστασης **πολυηλεκτρονιακών** διατομικών μορίων.

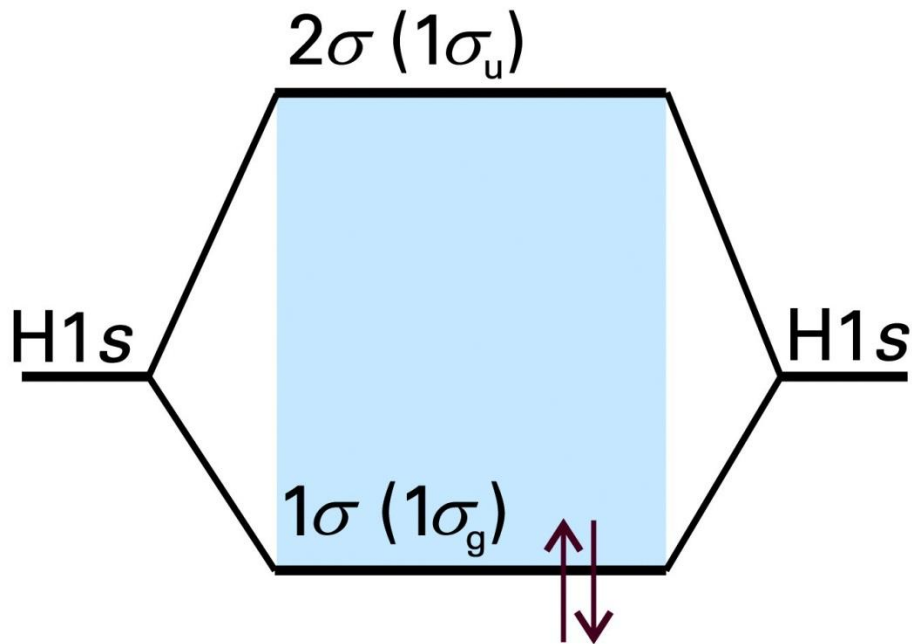
Για το σκοπό αυτό, ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Τα διαθέσιμα ατομικά τροχιακά **συνδυάζονται** για την κατασκευή μοριακών τροχιακών.
2. Τα ηλεκτρόνια που παρέχονται από τα άτομα, τοποθετούνται στα μοριακά τροχιακά, ώστε να ληφθεί η κατάσταση με την **ελάχιστη ενέργεια**.
Σύμφωνα με την απαγορευτική αρχή του **Pauli**, κάθε τροχιακό μπορεί να καταληφθεί από **μέχρι δύο** ηλεκτρόνια (με αντιπαράλληλο spin).
3. Εάν υπάρχουν εκφυλισμένα μοριακά τροχιακά, τοποθετείται ένα ηλεκτρόνιο στο καθένα, πριν προστεθεί δεύτερο στο ίδιο τροχιακό.
4. Λαμβάνεται υπόψη ο κανόνας της μέγιστης πολλαπλότητας του **Hund**:
Όταν ηλεκτρόνια καταλαμβάνουν διαφορετικά εκφυλισμένα τροχιακά, τότε η διαμόρφωση με τη **χαμηλότερη ενέργεια** είναι εκείνη όπου τα spin είναι **παράλληλα**.

Ομοπυρηνικά μόρια

Στο μόριο H_2 , κάθε άτομο συνεισφέρει ένα $1s$ τροχιακό (όπως στο H_2^+) και, επομένως, σχηματίζονται τα μοριακά τροχιακά $1\sigma_g$ και $1\sigma_u$.

Αξίζει να σημειωθεί ότι από 2 ατομικά τροχιακά σχηματίζονται 2 μοριακά τροχιακά. Γενικά, “από N ατομικά τροχιακά μπορούν να οικοδομηθούν N μοριακά τροχιακά”.



image_url

Το H_2 έχει δύο ηλεκτρόνια τα οποία θα καταλάβουν το τροχιακό $1\sigma_g$, με αντιπαράλληλα spin, σύμφωνα με την αρχή του Pauli.

Επομένως, η θεμελιώδης κατάσταση του H_2 είναι η:



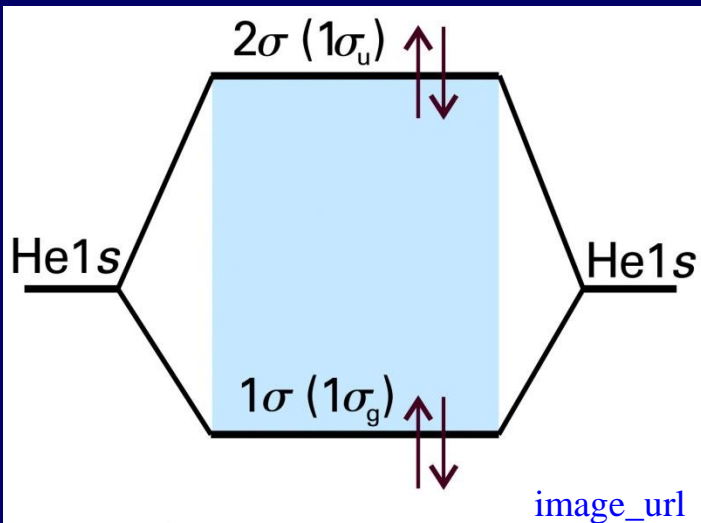
Διάγραμμα ενεργειακών επιπέδων των μοριακών τροχιακών του H_2

Τροχιακά σ

Στο (υποθετικό) μόριο He_2 , κάθε άτομο He συνεισφέρει ένα $1s$ τροχιακό (όπως στο H_2^+) και, επομένως, σχηματίζονται τα μοριακά τροχιακά $1\sigma_g$ και $1\sigma_u$.

Το σχήμα (και το ενεργειακό διάγραμμα) των τροχιακών αυτών είναι, ποιοτικά, παρόμοιο με το αυτό των τροχιακών $1\sigma_g$ και $1\sigma_u$ του H_2^+ .

Τα **4** ηλεκτρόνια του μορίου θα καταλάβουν τα δύο διαθέσιμα τροχιακά, και η διαμόρφωση που προκύπτει για τη θεμελιώδη κατάσταση του He_2 είναι η:



Διάγραμμα ενεργειακών επιπέδων των μοριακών τροχιακών του He_2

Επομένως, υπάρχει ένας “**δεσμός**” και ένας “**αντιδεσμός**”.

Το μόριο He_2 είναι **ασταθές** διότι:

Η αποσταθεροποιητική δράση του αντιδεσμικού τροχιακού είναι **μεγαλύτερη** από τη σταθεροποιητική δράση του δεσμικού τροχιακού.

Επομένως, το μόριο έχει **μεγαλύτερη** ενέργεια, σε σχέση με τα άτομα που το συνιστούν.

Τάξη δεσμού

Ένα μέτρο της ισχύος του δεσμού σε ένα διατομικό μόριο είναι η **τάξη του δεσμού**, b , που ορίζεται ως:

$$b = \frac{1}{2}(n - n^*)$$

όπου n και n^* είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων στα δεσμικά και τα αντιδεσμικά τροχιακά, αντίστοιχα.

Για το H_2 , είναι $b=1$ (απλός δεσμός H-H).

Για το ασταθές μόριο He_2 , είναι $b=0$ (δεν υφίσταται δεσμός).

Για ένα δεδομένο ζεύγος ατόμων:

Όσο μεγαλύτερη είναι η τάξη του δεσμού μεταξύ τους,

- τόσο μικρότερο είναι το **μήκος** του δεσμού
- τόσο μεγαλύτερη είναι η **ισχύς** του δεσμού

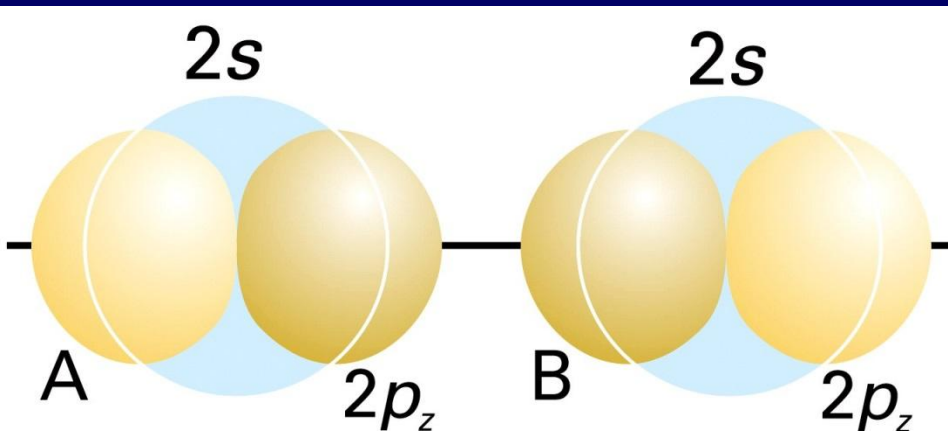
Τροχιακά σ

Τα παραπάνω ισχύουν, γενικά, για όλα τα ομοπυρηνικά διατομικά μόρια.
Σε **πρώτη προσέγγιση**, μπορεί κανείς να θεωρήσει ότι στο σχηματισμό δεσμών συμμετέχουν μόνο τα τροχιακά της **στοιβάδας σθένους**.

Επομένως, για μόρια που σχηματίζονται από άτομα της **2^{ης} Περιόδου**, λαμβάνονται υπόψη μόνο τα τροχιακά **2s** και **2p** των δύο ατόμων.

Σύμφωνα με μια γενική αρχή της θεωρίας των μοριακών τροχιακών, “σε ένα μοριακό τροχιακό συμμετέχουν όλα τα ατομικά τροχιακά που έχουν την κατάλληλη **συμμετρία**”

Για τροχιακά σ , παίρνουμε τους **γραμμικούς συνδυασμούς** όλων των ατομικών τροχιακών, τα οποία έχουν **κυλινδρική συμμετρία** γύρω από το μοριακό άξονα.



image_url

Επομένως, για τα διατομικά μόρια της 2^{ης} Περιόδου λαμβάνουμε υπόψη μόνο τα τροχιακά **2s** και **2p_z** των δύο ατόμων.

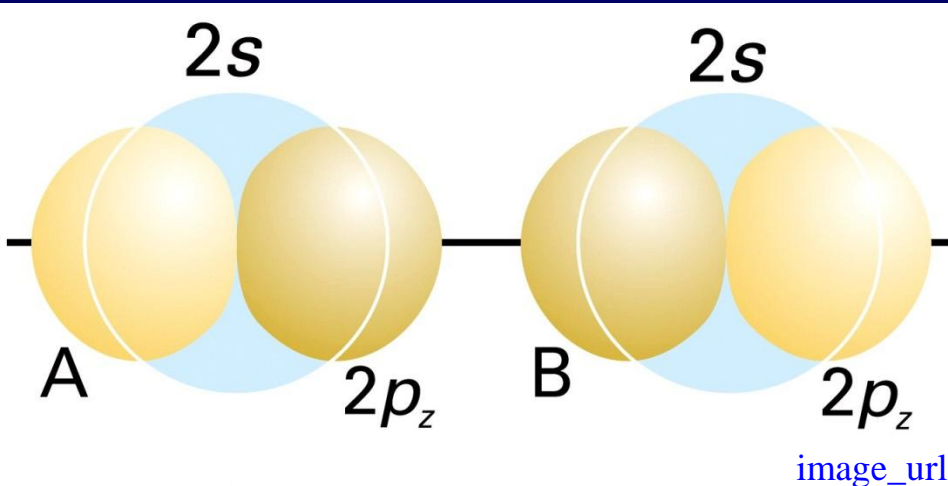
Τροχιακά σ

Ο γενική μορφή των τροχιακών σ , τα οποία μπορούν να σχηματιστούν από το γραμμικό συνδυασμό των ατομικών τροχιακών (σύμβολο: χ) $2s$ και $2p_z$, είναι:

$$\psi = c_{A2s} \chi_{A2s} + c_{B2s} \chi_{B2s} + c_{A2p_z} \chi_{A2p_z} + c_{B2p_z} \chi_{B2p_z}$$

Από τα 4 αυτά ατομικά τροχιακά μπορούμε να σχηματίσουμε **4 μοριακά τροχιακά** συμμετρίας σ , με κατάλληλη επιλογή των συντελεστών c .

Σε πρώτη προσέγγιση μπορεί να υποθεθεί ότι, επειδή τα τροχιακά $2s$ και $2p$ έχουν πολύ διαφορετικές ενέργειες, μπορούν αναλυθούν ξεχωριστά.



Τα δύο ζεύγη μοριακών τροχιακών που προκύπτουν είναι:

$$\psi = c_{A2s} \chi_{A2s} + c_{B2s} \chi_{B2s}$$

$$\psi = c_{A2p_z} \chi_{A2p_z} + c_{B2p_z} \chi_{B2p_z}$$

Τροχιακά σ

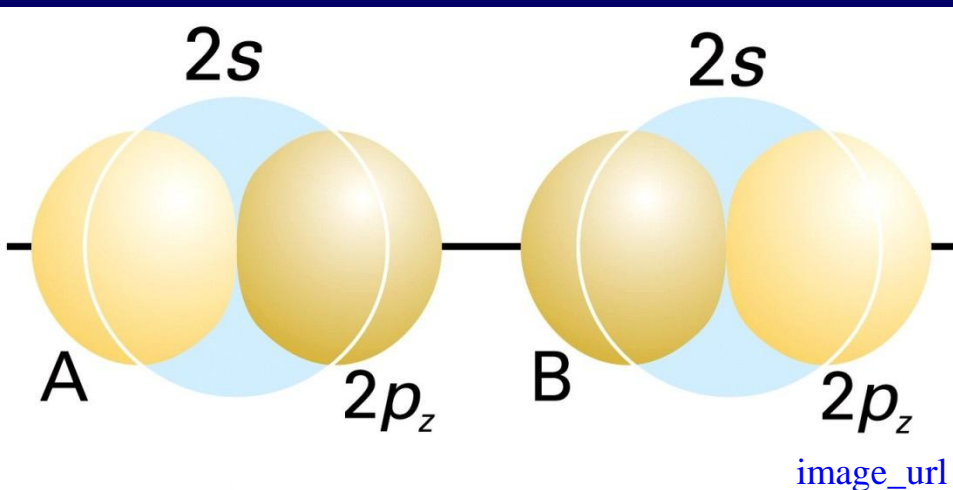
Επειδή τα άτομα **A** και **B** είναι όμοια (ομοπυρηνικά μόρια), οι ενέργειες των τροχιακών **2s** είναι ίδιες και, επομένως, οι συντελεστές **c** είναι ίσοι μεταξύ τους.

Το ίδιο ισχύει για τα τροχιακά **2p_z**.

$$\psi = \chi_{A2s} \pm \chi_{B2s}$$

$$\psi = \chi_{A2p_z} \pm \chi_{B2p_z}$$

Τα τροχιακά **2s** των δύο ατόμων επικαλύπτονται και σχηματίζουν ένα δεσμικό και ένα αντιδεσμικό τροχιακό (**1σ_g** και **1σ_u**), ακριβώς όπως και τα τροχιακά **1s**.



Τα δύο ζεύγη μοριακών τροχιακών που προκύπτουν είναι:

$$\psi = c_{A2s} \chi_{A2s} + c_{B2s} \chi_{B2s}$$

$$\psi = c_{A2p_z} \chi_{A2p_z} + c_{B2p_z} \chi_{B2p_z}$$

Τροχιακά σ

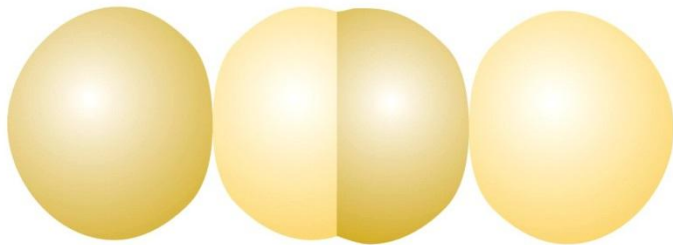
Επειδή τα άτομα **A** και **B** είναι όμοια (ομοπυρηνικά μόρια), οι ενέργειες των τροχιακών **2s** είναι ίδιες και, επομένως, οι συντελεστές **c** είναι ίσοι μεταξύ τους.

Το ίδιο ισχύει για τα τροχιακά **2p_z**.

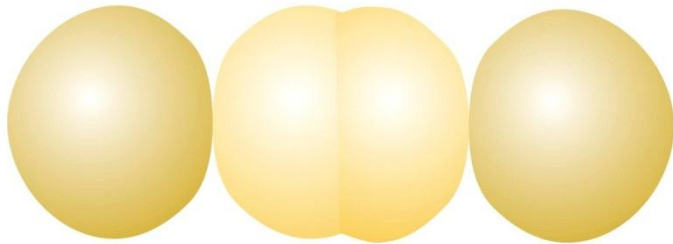
$$\psi = \chi_{A2s} \pm \chi_{B2s}$$

$$\psi = \chi_{A2p_z} \pm \chi_{B2p_z}$$

Τα τροχιακά **2s** των δύο ατόμων επικαλύπτονται και σχηματίζουν ένα δεσμικό και ένα αντιδεσμικό τροχιακό (**1σ_g** και **1σ_u**), ακριβώς όπως και τα τροχιακά **1s**.



4σ ($2\sigma_u$)



3σ ($2\sigma_g$)

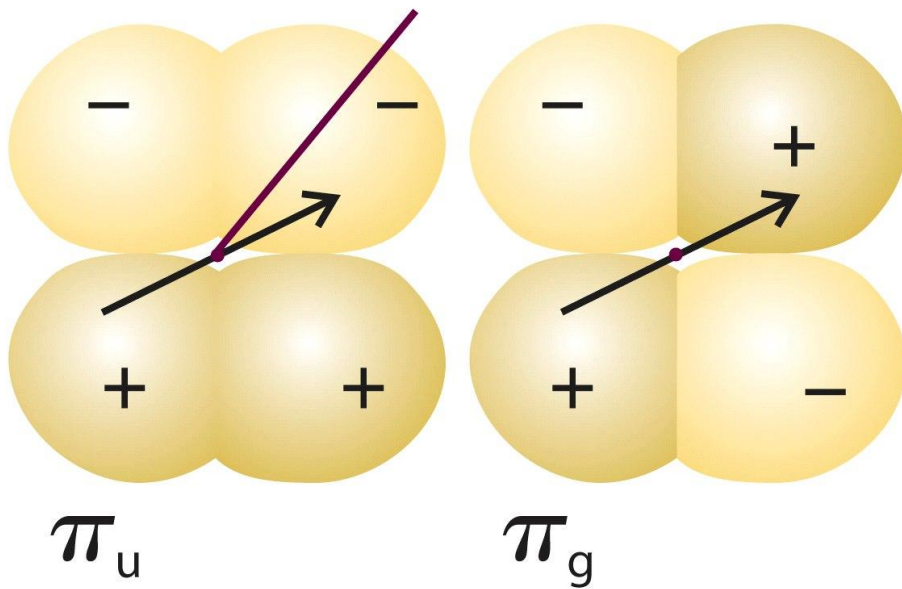
Τα δύο ατομικά τροχιακά **2p_z** αλληλεπιδρούν ισχυρά μεταξύ τους και σχηματίζουν επίσης ένα δεσμικό τροχιακό σ (**2σ_g**) και ένα αντιδεσμικό τροχιακό σ (**2σ_u**).

Τροχιακά π

Τα τροχιακά $2p_x$ και $2p_y$ των δύο ατόμων είναι **κάθετα** σε σχέση με το μοριακό άξονα και, επομένως, δεν επικαλύπτονται κατά μέτωπο αλλά **πλευρικά**.

Η επικάλυψη των ατομικών τροχιακών μπορεί να γίνει είτε με ενισχυτική συμβολή είτε με απόσβεση, με αποτέλεσμα το σχηματισμό δεσμικών και αντιδεσμικών μοριακών τροχιακών π .

Centre of inversion



image_url

Τα δύο $2p_x$ τροχιακά επικαλύπτονται και δίνουν δύο π_x τροχιακά (ένα δεσμικό και ένα αντιδεσμικό).

Το ίδιο ισχύει για τα δύο $2p_y$ τροχιακά, από τα οποία προκύπτουν δύο π_y τροχιακά.

Τα δεσμικά τροχιακά π_x και π_y είναι **εκφυλισμένα**.

Το ίδιο ισχύει για τα αντιδεσμικά ανάλογά τους.

Το ολοκλήρωμα επικάλυψης

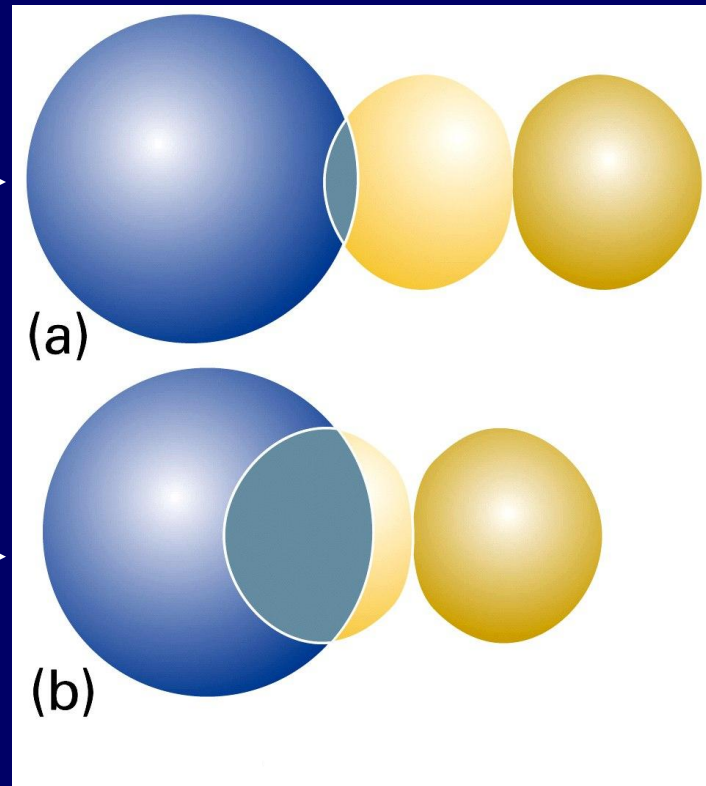
Ο βαθμός με τον οποίο επικαλύπτονται δύο τροχιακά χ_A και χ_B , τα οποία ανήκουν σε δύο άτομα A και B, μετριέται με το **ολοκλήρωμα επικάλυψης**, S .

$$S = \int \chi_A^* \chi_B d\tau$$

Το S λαμβάνει μεγάλες τιμές όταν τα πλάτη **και των δύο** τροχιακών στην περιοχή επικάλυψης είναι μεγάλα.

Για παράδειγμα, όταν δύο τροχιακά ανήκουν σε άτομα τα οποία βρίσκονται μακριά το ένα από το άλλο, οι κυματοσυναρτήσεις τους στην περιοχή επικάλυψης έχουν μικρό πλάτος και, επομένως, το S είναι μικρό.

Όταν τα άτομα πλησιάσουν, τα δύο τροχιακά έχουν σημαντικό πλάτος στην περιοχή επικάλυψης και το S είναι μεγάλο.



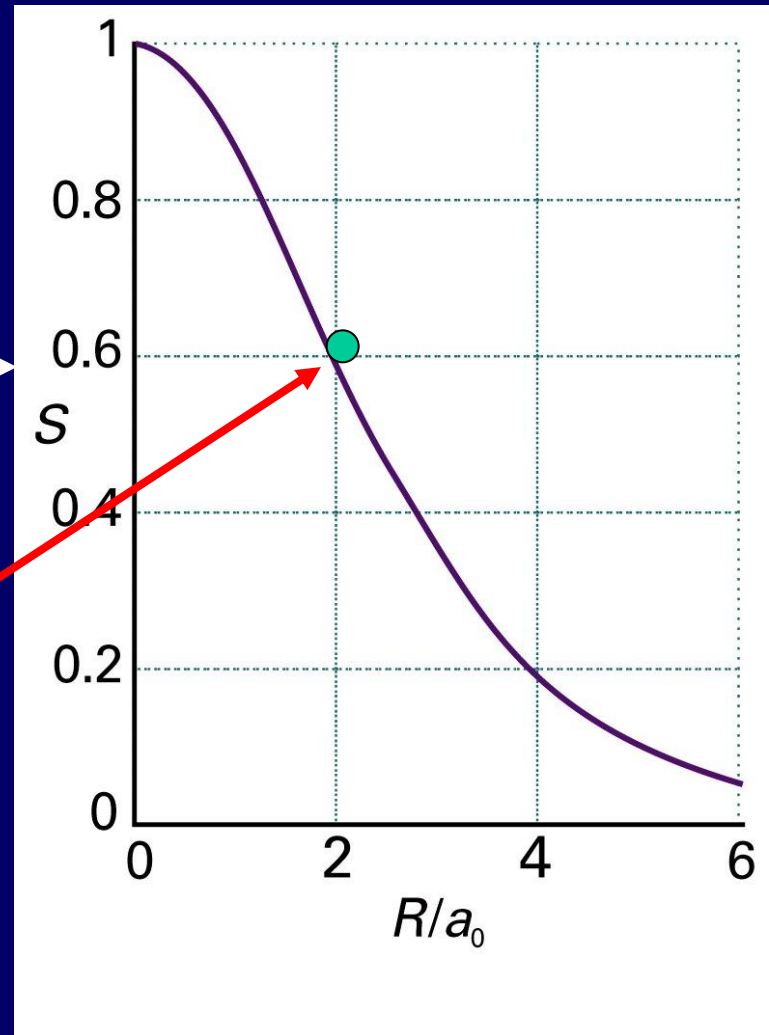
Το ολοκλήρωμα επικάλυψης

Για δύο όμοια ατομικά τροχιακά, π.χ. τροχιακά $1s$ στον ίδιο πυρήνα, το ολοκλήρωμα επικάλυψης είναι $S = 1$.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχουν απλές μαθηματικές εκφράσεις για τον υπολογισμό του S σα συνάρτηση του μήκους του δεσμού.

Για δύο $H1s$ τροχιακά στο H_2^+ , τα οποία βρίσκονται σε απόσταση ισορροπίας, προκύπτει ότι $S = 0.59$.

Συνήθως, οι τιμές του S για τροχιακά με $n=2$ κυμαίνονται στην περιοχή $0.2 - 0.3$.

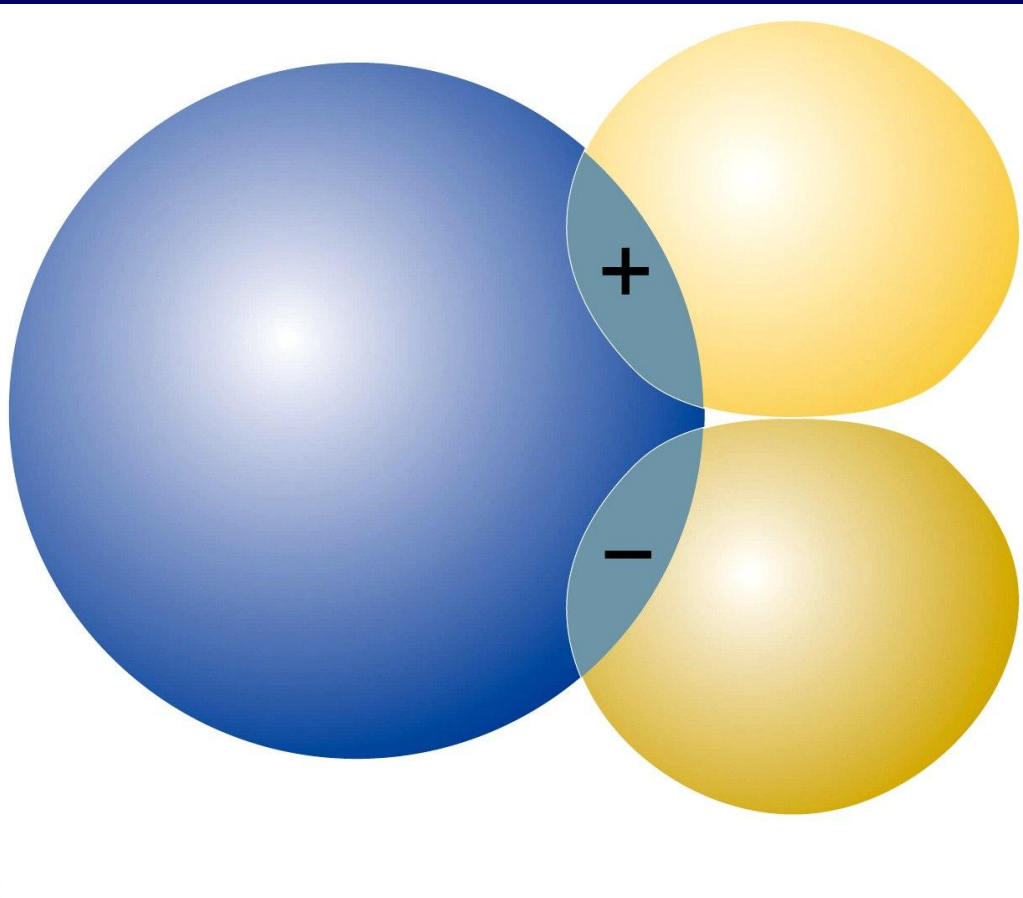


Το ολοκλήρωμα επικάλυψης, S , μεταξύ δύο τροχιακών $H1s$ ως συνάρτηση της μεταξύ τους απόστασης, R .

Το ολοκλήρωμα επικάλυψης

Έστω ατομικό τροχιακό s , το οποίο υπερτίθεται σε τροχιακό p_x ενός άλλου ατόμου.

Το ολοκλήρωμα του γινομένου τους στην περιοχή θετικού πλάτους είναι ακριβώς ίσο με αυτό στην περιοχή «αρνητικού πλάτους» και, επομένως, $S = 0$.



Άρα, δεν υπάρχει «καθαρή» επικάλυψη μεταξύ των τροχιακών s και p σε αυτή τη διαμόρφωση.

Αυτό ισχύει **για κάθε** απόσταση μεταξύ των πυρήνων.

Ηλεκτρονιακή δομή ομοπυρηνικών ατόμων

Τα στοιχεία της 2^{ης} Περιόδου έχουν 4 ατομικά τροχιακά στη στοιβάδα σθένους ($2s$, $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$)

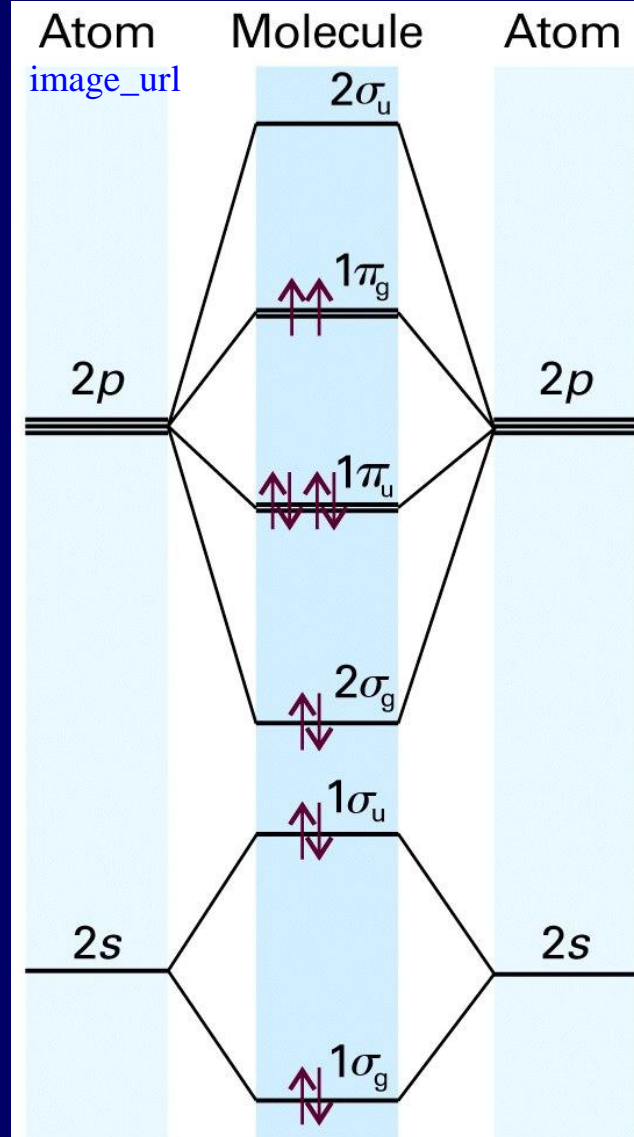
Επομένως, σε ένα διατομικό, ομοπυρηνικό μόριο σχηματίζονται **8 μοριακά τροχιακά**, από τα 8 ατομικά τροχιακά των δύο ατόμων του.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα τροχιακά π είναι λιγότερο δεσμικά από τα τροχιακά σ , γιατί η μέγιστη επικάλυψη τους συμβαίνει εκτός του μοριακού άξονα.

Στην περίπτωση αυτή, το **διάγραμμα ενεργειακών επιπέδων** των μοριακών τροχιακών είναι όπως στο διπλανό Σχήμα.

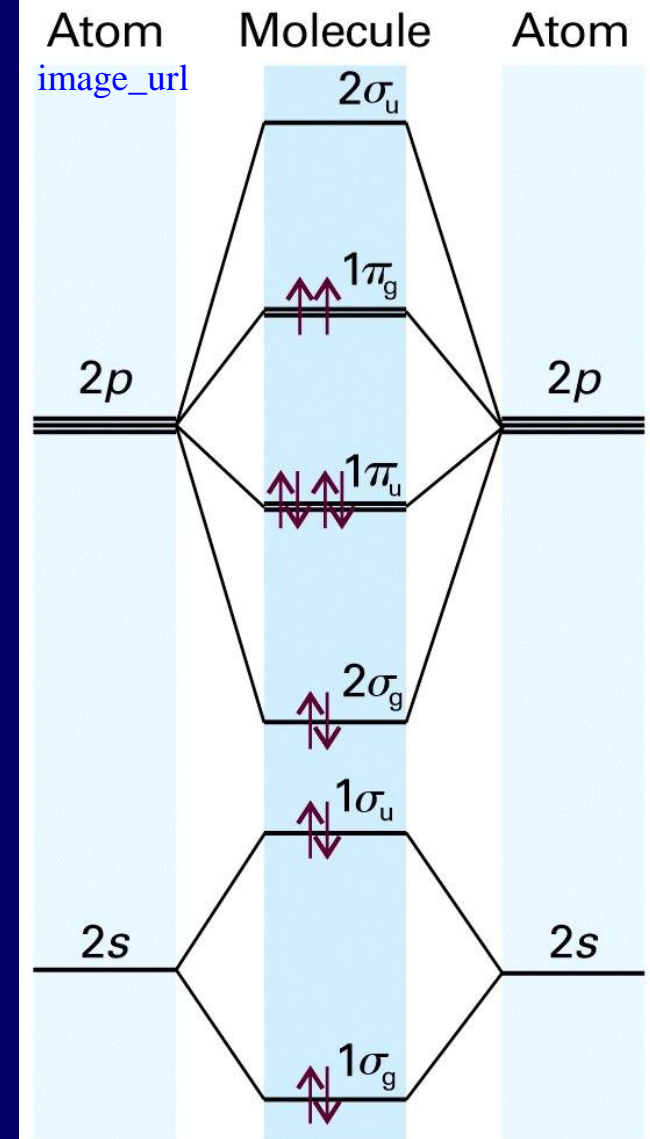
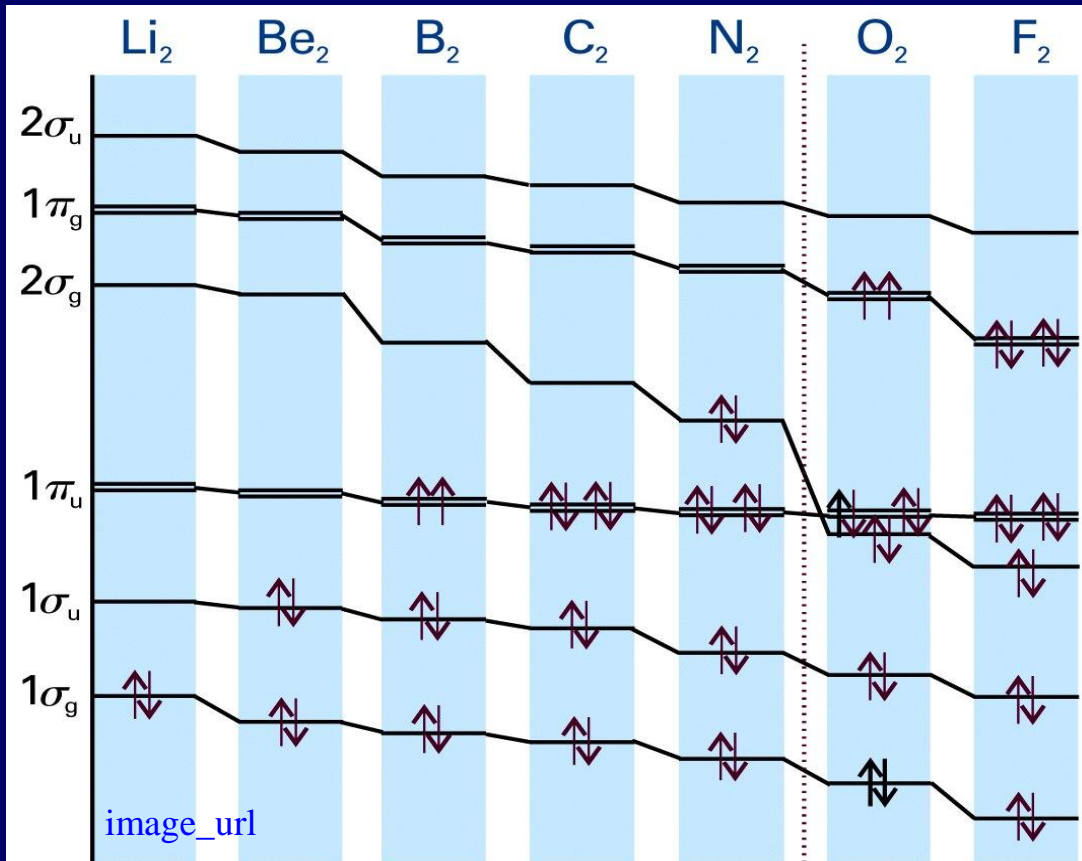
Υπενθυμίζεται η απλοποίηση που κάναμε, ότι δηλαδή τα $2s$ και $2p_z$ τροχιακά συνεισφέρουν στο σχηματισμό **διαφορετικών** μοριακών τροχιακών

Στην πραγματικότητα αυτό δεν ισχύει. Τα 4 ατομικά τροχιακά συνεισφέρουν εξίσου στο σχηματισμό των τεσσάρων σ τροχιακών.



Διάγραμμα ενεργειακών επιπέδων για το O₂

Ηλεκτρονιακή δομή ομοπυρηνικών ατόμων

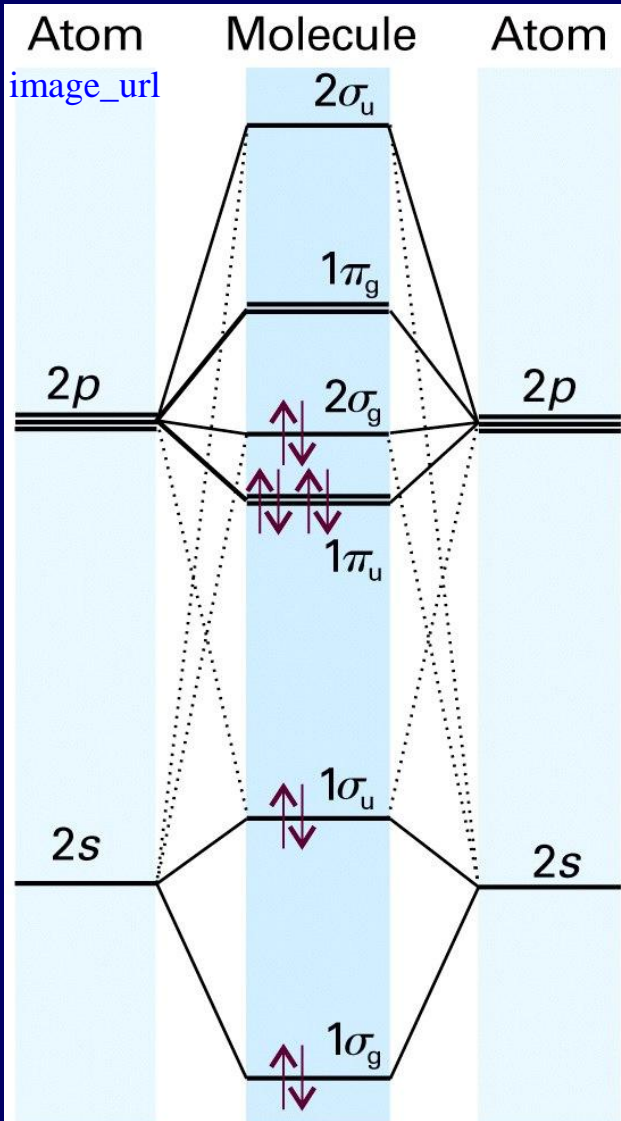


Για το λόγο αυτό, το ενεργειακό διάγραμμα του διπλανού σχήματος δεν ισχύει πάντα.

Από φασματοσκοπικά δεδομένα προκύπτει ότι η σχετική θέση των ενεργειακών επιπέδων **μεταβάλλεται** κατά μήκος της 2^{ης} Περιόδου.

Διάγραμμα ενεργειακών επιπέδων για το O_2

Ηλεκτρονιακή δομή ομοπυρηνικών ατόμων



Διάγραμμα ενεργειακών επιπέδων για το **N₂**

$$b = \frac{1}{2}(n - n^*)$$

Ηλεκτρονική διαμόρφωση για το μόριο **N₂** στη βασική του κατάσταση:

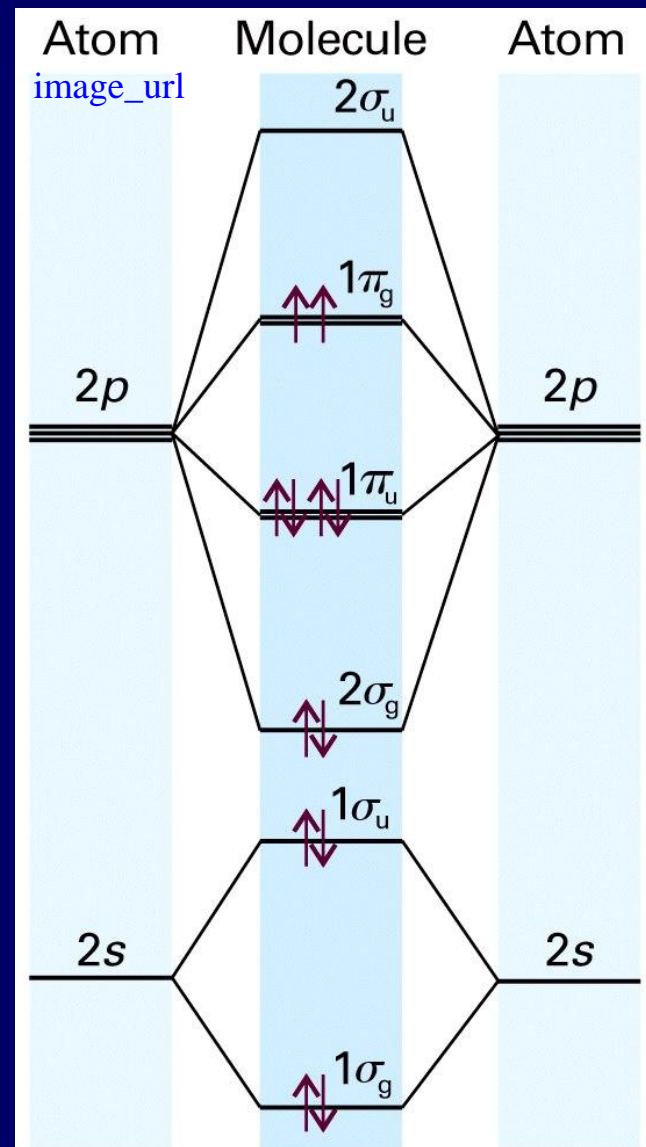


$$b = 3$$

Ηλεκτρονική διαμόρφωση για το μόριο **O₂** στη βασική του κατάσταση:



$$b = 2$$



Διάγραμμα ενεργειακών επιπέδων για το **O₂**

Ετεροπυρηνικά διατομικά μόρια

Η κατανομή των ηλεκτρονίων σε ένα ομοιοπολικό δεσμό ενός **ετεροπυρηνικού** διατομικού μορίου **δεν είναι η ίδια** μεταξύ των ατόμων του.

Αυτή η «ανισορροπία» οδηγεί στο σχηματισμό ενός **πολικού δεσμού**.

Για παράδειγμα, στο μόριο **HF** το ζεύγος των ηλεκτρονίων είναι πιο κοντά στο άτομο **F** ($H^{\delta+}-F^{\delta-}$).

Ένας πολικός δεσμός αποτελείται από δύο ηλεκτρόνια σε μοριακό τροχιακό της διπλανής μορφής, όπου οι παράγοντες c_A και c_B δεν είναι ίσοι μεταξύ τους.

$$\psi = c_A A + c_B B$$

Το **ποσοστό** συμμετοχής του ατομικού τροχιακού A στο δεσμό είναι $|c_A|^2$, και αυτό του ατομικού τροχιακού B είναι $|c_B|^2$.

Σε ένα **μη πολικό** δεσμό, είναι $|c_A|^2 = |c_B|^2$, ενώ σε ένα **αμιγώς ιοντικό** δεσμό, είναι $c_A = 0$ και $c_B = 1$ (ή το αντίθετο).

Το ατομικό τροχιακό με τη **χαμηλότερη ενέργεια** συνεισφέρει περισσότερο στο **δεσμικό** τροχιακό.

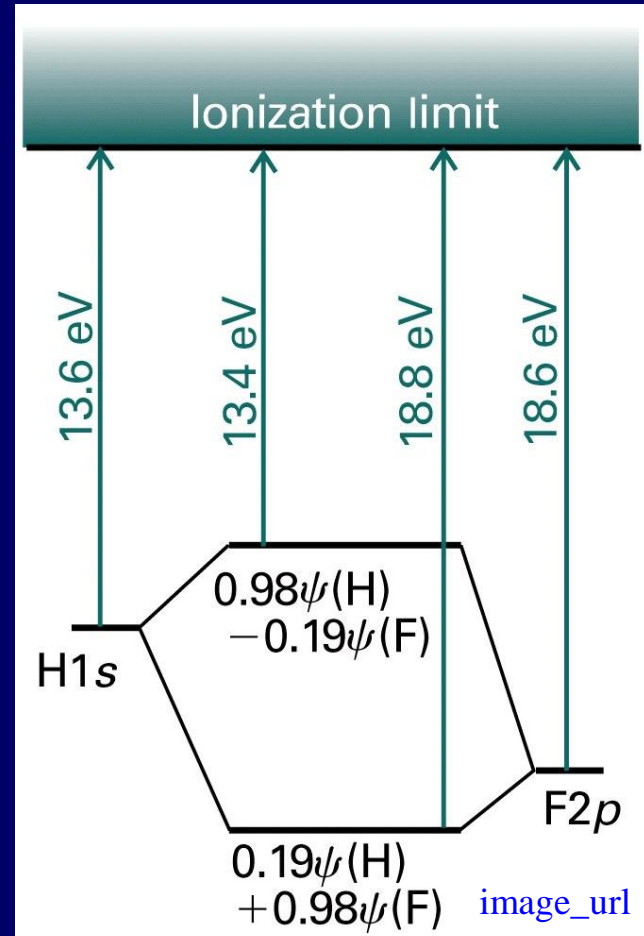
Το αντίθετο ισχύει για το **αντιδεσμικό** τροχιακό, η κύρια συνιστώσα του οποίου προέρχεται από το ατομικό τροχιακό με τη **μεγαλύτερη ενέργεια**.

Ετεροπυρηνικά διατομικά μόρια

Για παράδειγμα, το δεσμικό τροχιακό σ στο μόριο HF έχει περισσότερο “χαρακτήρα” **F2p**, ενώ το αντιδεσμικό τροχιακό περισσότερο **H1s**.

Επομένως, το ζεύγος των ηλεκτρονίων στο δεσμικό τροχιακό είναι περισσότερο πιθανό να βρεθεί στο τροχιακό **F2p**.

Για το λόγο αυτό, το άτομο του F έχει αρνητικό φορτίο δ^- , ενώ το άτομο του H, έχει θετικό φορτίο δ^+ .



Το ατομικό τροχιακό με τη **χαμηλότερη ενέργεια** συνεισφέρει περισσότερο στο **δεσμικό** τροχιακό.

Το αντίθετο ισχύει για το **αντιδεσμικό** τροχιακό, η κύρια συνιστώσα του οποίου προέρχεται από το ατομικό τροχιακό με τη **μεγαλύτερη ενέργεια**.

Η αρχή των μεταβολών

Ένας πιο συστηματικός τρόπος περιγραφής της πολικότητας ενός δεσμού και εύρεσης των συντελεστών c_A και c_B του γραμμικού συνδυασμού των ατομικών τροχιακών παρέχεται από την **αρχή των μεταβολών** (variation principle):

Αν για τον υπολογισμό της ενέργειας, E , χρησιμοποιείται μια αυθαίρετη κυματοσυνάρτηση, ψ , η τιμή που υπολογίζεται δεν είναι ποτέ μικρότερη από την πραγματική τιμή της ενέργειας.

Η αρχή αυτή υποδεικνύει ότι αν μεταβάλλουμε την τιμή των συντελεστών c_A και c_B της **δοκιμαστικής** κυματοσυνάρτησης μέχρι να επιτύχουμε την ελάχιστη τιμή της ενέργειας, τότε οι παράγοντες αυτοί θα είναι και οι καλύτεροι δυνατοί.

Για παράδειγμα, έστω η δοκιμαστική κυματοσυνάρτηση:

Αποδεικνύεται ότι οι τιμές των συντελεστών c_A και c_B που αντιστοιχούν στην **ελάχιστη** τιμή της ενέργειας δίνονται από τις λύσεις των **χαρακτηριστικών εξισώσεων** (secular equations):

$$\psi = c_A A + c_B B$$

$$(\alpha_A - E)c_A + (\beta - ES)c_B = 0$$

$$(\beta - ES)c_A + (\alpha_B - E)c_B = 0$$

Η αρχή των μεταβολών

$$(\alpha_A - E)c_A + (\beta - ES)c_B = 0$$

$$(\beta - ES)c_A + (\alpha_B - E)c_B = 0$$

$$\begin{vmatrix} \alpha_A - E & \beta - ES \\ \beta - ES & \alpha_B - E \end{vmatrix} = 0$$

Στις εξισώσεις αυτές, E είναι η (ελάχιστη) τιμή της υπολογιζόμενης ενέργειας και S το ολοκλήρωμα επικάλυψης.

Η παράμετρος α ονομάζεται **ολοκλήρωμα Coulomb**.

Λαμβάνει αρνητικές τιμές και μπορεί να ερμηνευθεί ως η ενέργεια του ηλεκτρονίου όταν καταλαμβάνει του τροχιακό A (για το α_A) ή το τροχιακό B (για το α_B).

Στα ομοπυρηνικά διατομικά μόρια είναι $\alpha_A = \alpha_B$.

Η παράμετρος β ονομάζεται **ολοκλήρωμα συντονισμού**.

Μηδενίζεται όταν τα ατομικά τροχιακά δεν επικαλύπτονται και λαμβάνει συνήθως αρνητικές τιμές για αποστάσεις δεσμού στην ισορροπία.

Για να προσδιοριστούν οι τιμές των c_A και c_B πρέπει να είναι γνωστή η ενέργεια E του τροχιακού. Οι λύσεις βρίσκονται θέτοντας την **ορίζουσα** των συντελεστών των παραπάνω εξισώσεων ίση με μηδέν.

Η αρχή των μεταβολών

Οι δύο ρίζες της ορίζουσας δίνουν τις ενέργειες E^+ και E^- του δεσμικού κι του αντιδεσμικού μοριακού τροχιακού, αντίστοιχα.

$$\begin{vmatrix} \alpha_A - E & \beta - ES \\ \beta - ES & \alpha_B - E \end{vmatrix} = 0$$

Στην απλή περίπτωση των ομοπυρηνικών διατομικών μορίων, όπου $\alpha_A = \alpha_B = \alpha$, οι λύσεις είναι:

$$E_{\pm} = \frac{\alpha \pm \beta}{1 \pm S}$$

Χρησιμοποιώντας τη συνθήκη κανονικοποίησης...

$$\int \psi^2 d\tau = c_A^2 + c_B^2 + 2c_A c_B S = 1$$

... μπορούμε να υπολογίζουμε τις τιμές των c_A και c_B για το δεσμικό και το αντιδεσμικό τροχιακό.

Για το δεσμικό τροχιακό:

$$E_+ = \frac{\alpha + \beta}{1 + S}$$

$$|c_A| = \frac{1}{[2(1+S)]^{1/2}}$$

$$c_B = c_A$$

Για το αντιδεσμικό τροχιακό:

$$E_- = \frac{\alpha - \beta}{1 - S}$$

$$|c_A| = \frac{1}{[2(1-S)]^{1/2}}$$

$$c_B = -c_A$$

Αναφορές

Σε όσες εικόνες δεν αναφέρεται η προέλευσή τους προέρχονται από το βιβλίο

ATKINS, ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑ

P.W. Atkins, J. De Paula

(Atkins' Physical Chemistry, 9th Edition, 2010)

Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2014

Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού εκδόσεων έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0.

Σημείωμα αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών. Αναπληρωτής Καθηγητής, Δημήτρης Κονταρίδης. «Φυσικοχημεία Ι». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2172/>

Σημείωμα αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.