

**ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ  
(κωδ. μαθ. 222)**

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ 3β**

2<sup>ο</sup> εξάμηνο (Εαρινό)

ΑΕΑΑ 2019-2020



## Επιστήμη Υλικών Ι Ψαρράς Γεώργιος

E-CLASS  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΛΙΚΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

### Περιγραφή

**Επιστήμη Υλικών Ι: Κρυσταλλική δομή, Διάχυση, Μηχανικές ιδιότητες**

1. Εισαγωγή
2. Ατομική και μοριακή δομή
3. Δομή των κρυσταλλικών στερεών
4. Ατέλειες των στερεών
5. Διάχυση
6. Μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων
7. Διαταραχές και μηχανισμοί ισχυροποίησης
8. Αστοχία υλικών

Κωδικός: MSCI558

Κατηγορία: Επιστήμης των Υλικών » Προπτυχιακό

Επιλογές Μαθήματος

Ανακοινώσεις

Εγγραφα

Ομάδες Χρηστών

Πληροφορίες

Σύνδεσμοι



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

## Υλικά Ι

Δημήτρης Παπάζογλου  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών

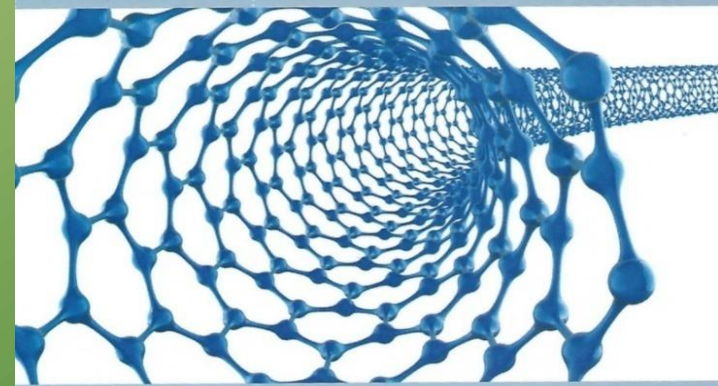


# Βιβλιογραφία

WILLIAM D. CALLISTER, JR | DAVID G. RETHWISCH

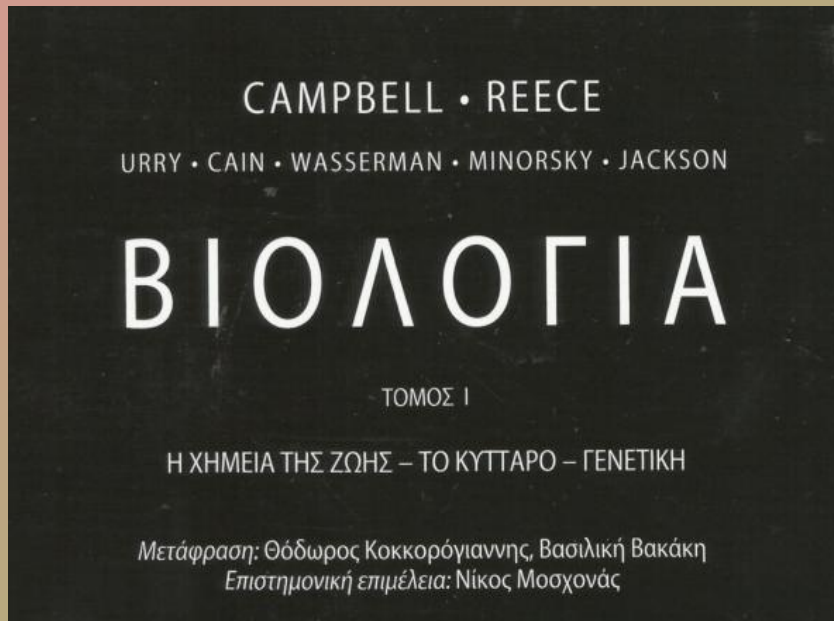
## ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

9η Έκδοση



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΟΛΑ

# Βιβλιογραφία



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΑΝΟΙΚΤΑ** ακαδημαϊκά μαθήματα **ΠΠ**

## Επιστήμη των Υλικών 1

Ενότητα 2: Δεσμοί μεταξύ Ατόμων  
Διδάσκων: Γ.Ν. Αγγελόπουλος, καθηγητής  
Επιμέλεια: Κωνσταντίνος Πήττας, Διπλ. Μηχ. Μηχ.  
ΠΑΤΡΑ 2014



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΑΝΟΙΚΤΑ** ακαδημαϊκά μαθήματα **ΠΠ**

## Οργανική Χημεία

ΕΝΟΤΗΤΑ 5:  
ΕΝΔΟΜΟΡΙΑΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Ε. Αμανατίδης  
Πολυτεχνική Σχολή  
Τμήμα Χημικών Μηχανικών

# Βιβλιογραφία



▼ Επιλογές Μαθήματος

📣 Ανακοινώσεις

📁 Εγγραφα

📅 Ημερολόγιο

📍 Πληροφορίες

🔗 Σύνδεσμοι

ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (2016-2017)

ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ

**E-CLASS**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**  
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**

Περιγραφή

Εισαγωγή στην επιστήμη υλικών.

Μηχανικές ιδιότητες.

Θερμικές ιδιότητες.

Ηλεκτρικές ιδιότητες.

Οπτικές ιδιότητες.

Μαγνητικές ιδιότητες.

Υλικά της μαλακής συμπυκνωμένης ύλης.

Νανοδομημένα υλικά με ενδιαφέρον στην νανο-βιοτεχνολογία.

**Κωδικός:** PHY1982

**Κατηγορία:** Φυσικής » Προπτυχιακό

# Καταστάσεις της Ύλης



Κωνσταντίνος Σιμσερίδης

ΑΘΗΝΑ 2015

 **Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά  
Συγγράμματα και Βοηθήματα**  
www.kallipos.gr

**HEALLINK**  
Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών



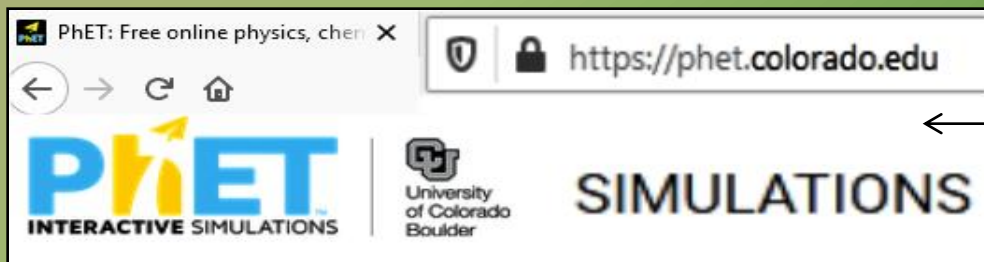
Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
Ανάπτυξη των ανθρωπίνων πόρων  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

# Βιβλιογραφία



Εξαιρετικό προγραμματιστικό  
Περιβάλλον Εικονικών  
πειραμάτων

**Ιδιότητα** είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του υλικού, που εκφράζει το είδος και το μέγεθος της απόκρισής του σε κάποιο συγκεκριμένο ερέθισμα. Γενικά οι ορισμοί των ιδιοτήτων δίνονται ανεξάρτητα από το σχήμα και το μέγεθος του υλικού.

### Ιδιότητες των Υλικών

- **Φυσικές:** Δομή, πυκνότητα, πορώδης υφή κ.α.
- **Μηχανικές:** Μέτρο ελαστικότητας, αντοχή, σκληρότητα, κόπωση κ.α.
- **Θερμικές:** Θερμοχωρητικότητα, θερμική διαστολή, θερμική αγωγιμότητα κ.α.
- **Ηλεκτρικές:** Αγωγιμότητα, διηλεκτρική συμπεριφορά.
- **Χημικές:** Δραστικότητα, διάβρωση κ.α.
- **Οπτικές:** Δείκτης διάθλασης, συντελεστής απορρόφησης κ.α.
- **Μαγνητικές:** Διαπερατότητα, υστέρηση κ.α.

Ουσιαστικά όλες οι σημαντικές ιδιότητες των στερεών υλικών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε έξι διαφορετικές κατηγορίες: μηχανικές, θερμικές, ηλεκτρικές, οπτικές, μαγνητικές και ιδιότητες φθοράς. Για κάθε μία υπάρχει ένα διαφορετικό είδος ερεθίσματος ικανό να προκαλέσει διαφορετικές αποκρίσεις.



Επιστήμη Υλικών Ι

Ψαρράς Γεώργιος

E-CLASS  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΛΙΚΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Περιγραφή

Επιστήμη Υλικών Ι: Κρυσταλλική δομή, Διάχυση, Μηχανικές ιδιότητες

## Σχέση ΔΟΜΗΣ-ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

### ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΔΟΜΗ

ΚΑΘΟΡΙΖΕΙ

Είδος, ακολουθία, αριθμός,  
αναλογία ατόμων

### ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Φυσικές

Σημείο τήξης, διαλυτότητα, μέτρο  
ελαστικότητας...

Χημικές

Ρυθμοί αντίδρασης, πολικότητα...

Βιολογικές

Τοξικότητα, γεύση...

Ουσιαστικά όλες  
οι ιδιότητες ενός  
υλικού εξαρτώνται  
από τη  
μικροσκοπική του  
δομή.



ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (2016-2017)

ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ

E-CLASS

Περιγραφή

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

## Ιδιότητες υλικών – Άτομο

### Πυρήνας

Ατομική μάζα

Πυκνότητα

Σκεδασμός νετρονίων

### Ηλεκτρόνια

Δεσμοί

Χημικές Ιδιότητες

Μηχανικές Ιδιότητες

Ηλεκτρικές Ιδιότητες

Θερμικές Ιδιότητες

### Ηλεκτρονικό νέφος

Κατανομή στον χώρο

Ενέργεια

Το ηλεκτρονικό νέφος γύρω από τον πυρήνα, καθορίζει την ικανότητα του ατόμου να προσλαμβάνει ή να χάνει ηλεκτρόνια δηλαδή να **ιονίζεται**



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

## Υλικά Ι

Δημήτρης Παπάζογλου

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
ανάπτυξη της κοινωνίας της γνώσης  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





## Ηλεκτρόνια σθένους

Τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας κάθε ατόμου λέγονται ηλεκτρόνια σθένους  
Με αυτά τα ηλεκτρόνια αλληλεπιδρά το άτομο με το περιβάλλον του.

## Ιονισμός

προσθήκη ή αφαίρεση ηλεκτρονίων σθένους.

*Οι **δεσμοί** μεταξύ ατόμων γίνονται με αλληλεπιδράσεις των ηλεκτρονίων σθένους*

*Η **ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα** των μετάλλων οφείλεται στα ηλεκτρόνια σθένους*



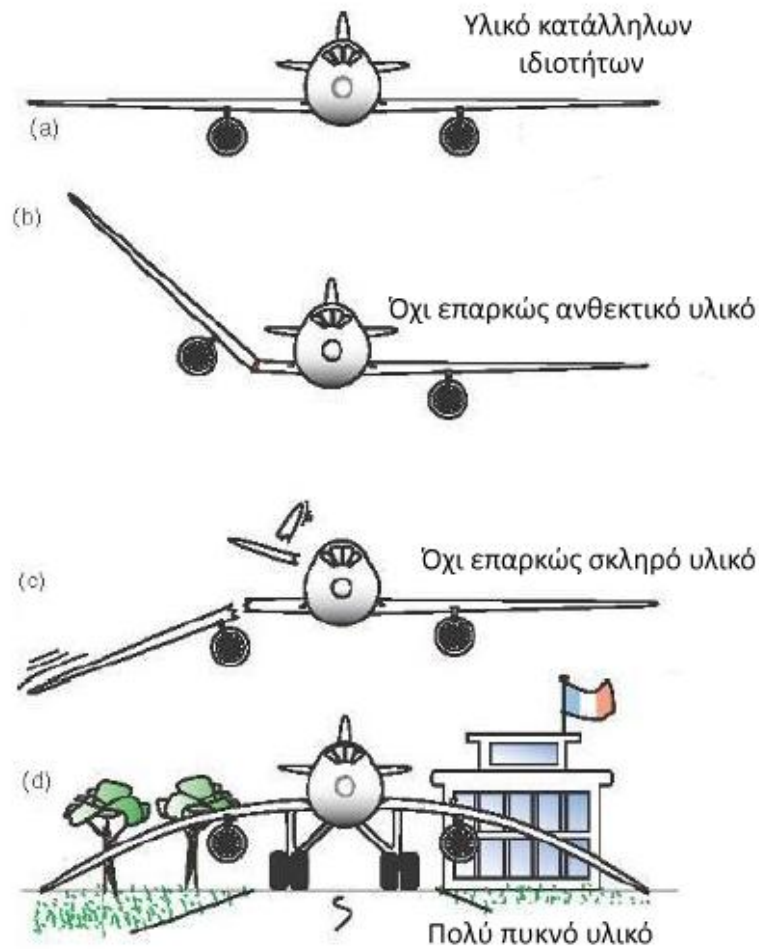
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

## Υλικά Ι

Δημήτρης Παπάζογλου  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών

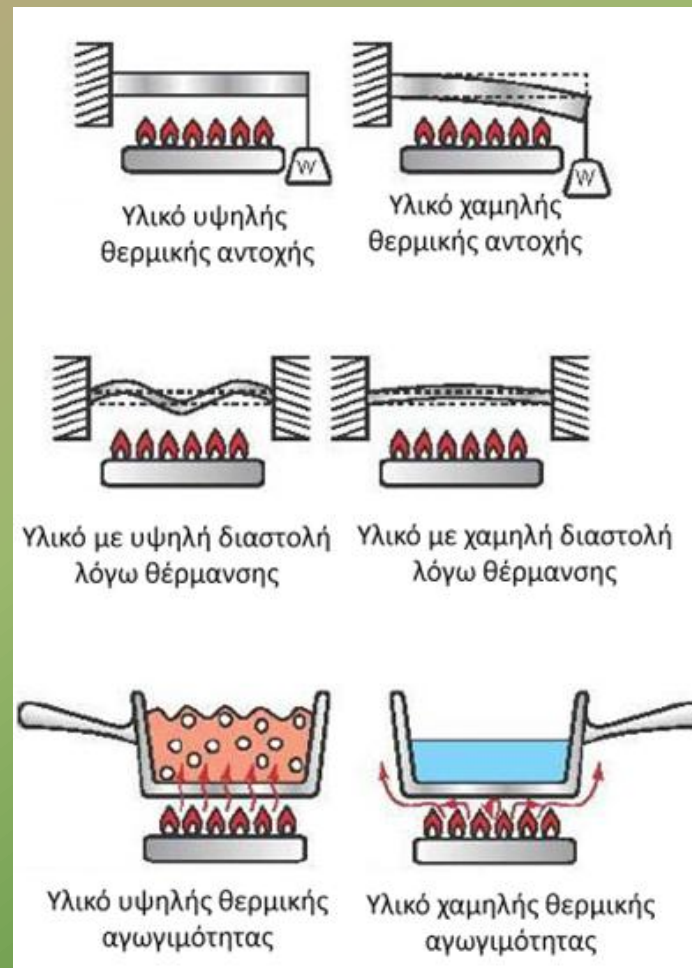


Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



### Μηχανικές ιδιότητες

### Παραδείγματα ιδιοτήτων υλικών



### Θερμικές ιδιότητες



Επιστήμη Υλικών Ι  
Ψαρράς Γεώργιος

E-CLASS  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΛΙΚΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Περιγραφή

Επιστήμη Υλικών Ι: Κρυσταλλική δομή, Διάχυση, Μηχανικές ιδιότητες



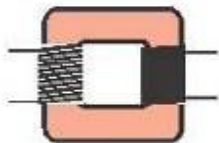
Υλικό χαμηλής ηλεκτρικής αντίστασης ή υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας



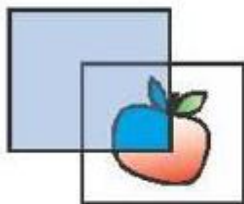
Υλικό υψηλής ηλεκτρικής αντίστασης ή μηδενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας



Υλικά με μαγνητικές ιδιότητες



Διάθλαση και Απορρόφηση ορατού φωτός-οπτικές ιδιότητες



Ηλεκτρικές, μαγνητικές και οπτικές ιδιότητες

## Παραδείγματα ιδιοτήτων υλικών



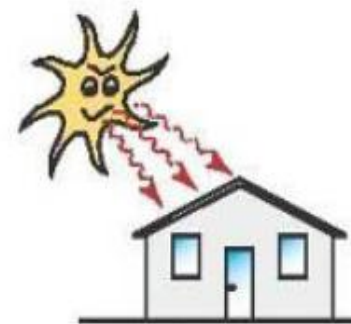
Αλμυρό νερό



Οργανικοί διαλύτες



Οξέα και βάσεις (αλκάλια)



Ακτινοβολία UV (υπεριώδης)

## Χημικές ιδιότητες



Επιστήμη Υλικών Ι

Ψαρράς Γεώργιος

E-CLASS  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΛΙΚΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Περιγραφή

Επιστήμη Υλικών Ι: Κρυσταλλική δομή, Διάχυση, Μηχανικές ιδιότητες

# Μία βασική ιδιότητα των υλικών: Πυκνότητα $\rho$ ή $d$ (density)

Ορίζεται ως το πηλίκο της **μάζας (m)** ενός σώματος δια τον **όγκο (V)** του.

**Μάζα:** το ποσό της ύλης που περιέχει (η έννοια της μάζας χρήζει περαιτέρω ανάλυσης αλλά δεν θα το επιχειρήσουμε εδώ).

**Όγκος** ενός υλικού: είναι ο χώρος που αυτό καταλαμβάνει.

$$\rho = m / V$$

Μονάδες μέτρησης  $\text{Kg/m}^3$  (στο Διεθνές σύστημα μονάδων S.I.) ή  $\text{g/cm}^3$

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

## Υλικά Ι

Δημήτρης Πατάζογλου  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών

CC BY NC ND

Ευρωπαϊκή Ένωση

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΕΣΠΑ  
2007-2013

### Στερεά – Υγρά - Αέρια

Πυκνότητα ( $\text{gr/cm}^3$ )

Στοιχείο	Στερεό	Υγρό	Αέριο
Αργό Ar	1.65	1.40	0.001784
Άζωτο N <sub>2</sub>	1.026	0.8081	0.00125
Οξυγόνο O <sub>2</sub>	1.426	1.149	0.001429

Πυκνότητα



Γενικά ισχύει (βλέπε πίνακα, εξαίρεση: στο νερό δεν ισχύει):

$\rho_{\text{της στερεής μορφής ενός σώματος}} > \rho_{\text{της υγρής μορφής του σώματος}} > \rho_{\text{της αέριας μορφής του σώματος}}$

Μία βασική ιδιότητα των υλικών:

## Πυκνότητα $\rho$ ή $d$ (density)

### ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Υλικό	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )
Αέρας (στους 20 °C)	1,2
Αέρας (στους 0 °C)	1,3
Φελλός	250
Οινόπνευμα	800
Ελαιόλαδο	900
Πάγος	920
Νερό	1000
Μπετόν	2400
Αλουμίνιο	2700
Σίδηρος	7800
Μόλυβδος	11340
Υδράργυρος	13600
Χρυσός	19300
Όσμιο	22587

Κατά την ανάμιξη πολλών σωμάτων, αυτά, όταν ηρεμήσουν, τοποθετούνται με σειρά αύξουσας πυκνότητας από πάνω προς τα κάτω. Δηλαδή αν ρίξω ένα κομμάτι σίδηρο σε νερό και ακολούθως ένα κομμάτι φελλό, είναι κοινή μας αίσθηση ότι ο φελλός επιπλέει, ενώ ο σίδηρος πατώνει. Άρα ο σίδηρος το πυκνότερο εκ των τριών υλικών πάει κάτω (πυκνότητα: 7800 Kg/m<sup>3</sup>), το νερό στη μέση (πυκνότητα: 1000 Kg/m<sup>3</sup>) και ο φελλός επάνω (πυκνότητας: 250 Kg/m<sup>3</sup>).

Τα πλοία δεν βουλιάζουν, όσο η συνολική τους πυκνότητα (την οποία διαμρφώνουν τα μεταλλικά, πλαστικά, ξύλινα τους μέρη, τα κενά αέρος στα στεγανά τους διαμερίσματα κ.ό.κ.) είναι μικρότερη από του νερού. Αν αυτή μεγαλώσει σε σχέση με την πυκνότητα του νερού, το πλοίο θα βουλιάξει (βλέπε ΤΙΤΑΝΙΚΟΣ- όπου όσο είχε αέρα σε στεγανούς χώρους στα ύφαλά του, διατηρούσε συνολική πυκνότητα μικρότερη του νερού. Όταν όμως εισχώρησαν νερά στους πριν άδειους χώρους του, η πυκνότητά του μεγάλωσε σε σχέση με του νερού και βούλιαξε.)

Σύντομη αναφορά στη  
έννοια της **ενέργειας**

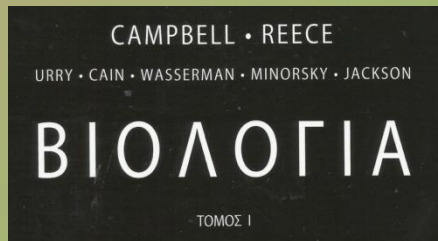


## 6-1 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η έννοια της ενέργειας εμφανίζεται σε κάθε κλάδο της φυσικής αλλά δεν είναι εύκολο να ορίσουμε γενικά τι είναι ακριβώς η ενέργεια. Η έννοια αυτή είναι ο ακρογωνιαίος λίθος ενός θεμελιώδους φυσικού νόμου που ονομάζεται διατήρηση της ενέργειας και ορίζει ότι η ολική ενέργεια σε κάθε απομονωμένο σύστημα είναι σταθερή, οτιδήποτε και να συμβαίνει μέσα στο σύστημα. Οι νόμοι διατήρησης, που συμπεριλαμβάνουν τη διατήρηση της μάζας, της ενέργειας, της ορμής, της στροφορμής, του ηλεκτρικού φορτίου και άλλων, παίζουν ζωτικούς ρόλους σε κάθε κλάδο της φυσικής και προσφέρουν ενοποιητικά νήματα που διαπερνούν όλη τη δομή της επιστήμης. Κάθε νόμος διατήρησης βεβαιώνει ότι το σύνολο μιας φυσικής ποσότητας σε κάθε απομονωμένο (κλειστό) σύστημα είναι σταθερό.

Ελλ.εκδοση 1994

Η **ενέργεια** ως μέγεθος δεν μπορεί να οριστεί επαρκώς. Ουσιαστικά δεν ξέρουμε τι είναι, όπως δεν ξέρουμε τι είναι ο χρόνος κ.ά. Για λόγους εκπαιδευτικούς δεχόμαστε συμβατικά τον παρακάτω «χαρακτηρισμό»:



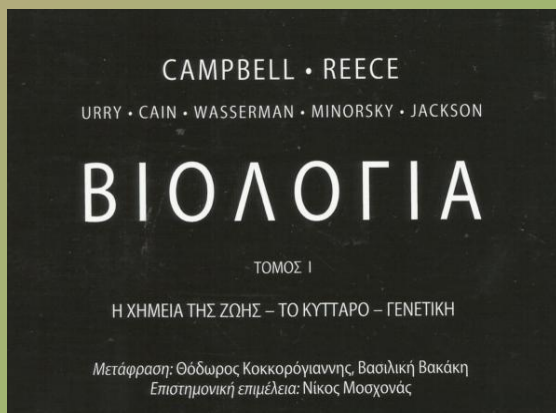
**Ενέργεια** θα λέμε την ικανότητα πρόκλησης μεταβολών κάθε είδους (φυσικών, χημικών βιολογικών κ.ό.κ.).

• Η **ενέργεια εμφανίζεται σε διάφορες μορφές** (κινητική, δυναμική, φωτεινή, ηλεκτρική, πυρηνική κ.ά.). Μπορεί να αλλάζει μορφές αλλά δεν μπορεί να καταστραφεί ή να δημιουργηθεί, δηλαδή παραμένει σταθερή στο σύνολό της (αυτό λέγεται **α' θερμοδυναμικός νόμος**).

**(α) Πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής:** Η ενέργεια μπορεί να μεταφερθεί ή να μετατραπεί, αλλά όχι να καταστραφεί. Π.χ., η χημική (δυναμική) ενέργεια της τροφής θα μετατραπεί στην κινητική ενέργεια του τσιτάχ (β).  
Ούτε μπορεί να δημιουργηθεί από το τίποτα.

Κάποιοι νόμοι της θερμοδυναμικής που διέπουν τους ενεργειακούς μετασχηματισμούς: (α' και β' νόμος της Θερμοδυναμικής )

**(β) Δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής:** Κάθε μεταφορά ή μετατροπή ενέργειας αυξάνει την αταξία (εντροπία) του σύμπαντος. Π.χ., η αταξία στο περιβάλλον του τσιτάχ αυξάνεται με τη μορφή της θερμότητας και των μικρών μορίων που συνιστούν τα τελικά προϊόντα του μεταβολισμού.



# ΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ

**ΕΝΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ:** Αν υποθέσουμε ότι σε όλο το Σύμπαν υπάρχουν μόνο δύο ίδια άτομα π.χ. υδρογόνου (H) και τίποτε άλλο και απέχουν μεταξύ τους πολύ μεγάλη (σχεδόν άπειρη απόσταση). Θα μπορούσε να είναι κάποιο διαφορετικό είδος ατόμων π.χ. οξυγόνου (O), χλωρίου (Cl) κ.ά. Έστω ότι η ενέργεια του καθενός ατόμου είναι E, τότε η συνολική ενέργεια και των δύο θα είναι 2E.

Σιγά σιγά, θα αρχίσουν να πλησιάζουν το ένα προς το άλλο, λόγω αμυδρών (πραγματικά αμυδρών εξαιτίας της μεγάλης απόστασης), αλλά όχι μηδενικών ηλεκτρικών ελκτικών δυνάμεων μεταξύ τους (ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις Van der Waals). Θυμηθείτε ότι η ηλεκτρική δύναμη είναι μικρή για μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των φορτίων και είναι μεγάλη για μικρές αποστάσεις). Όσο πλησιάζουν τα δύο άτομα, οι ηλεκτρικές ελκτικές δυνάμεις θα αυξάνονται. Παράλληλα όμως με τις ελκτικές ηλεκτρικές δυνάμεις υπάρχουν κι απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις (που έχουν αντίθετη διεύθυνση σε σχέση με τις ελκτικές) και προέρχονται από την επικάλυψη των αρνητικών ηλεκτρονικών νεφών των δύο ατόμων, όταν αυτά τα άτομα πλησιάσουν πολύ το ένα στο άλλο. Η συνολική ηλεκτρική δύναμη  $F$  μεταξύ των δύο ατόμων είναι ίση με το άθροισμα των ελκτικών ( $F_{ΕΛΞΗΣ}$ ) και απωστικών δυνάμεων ( $F_{ΑΠΩΣΗΣ}$ ) και μην ξεχνάτε ότι εξαρτώνται και οι δύο από την απόσταση  $r$  που χωρίζει τα δύο αυτά άτομα δηλαδή:

$$F(r) = F_{ΕΛΞΗΣ}(r) + F_{ΑΠΩΣΗΣ}(r)$$

Όταν οι δύο παραπάνω δυνάμεις αποκτούν ίδιο μέτρο, τότε η συνολική δύναμη σε κάθε άτομο, λόγω της ύπαρξης του άλλου ατόμου γίνεται μηδενική και τα δύο άτομα ισορροπούν. Η απόσταση στην οποία συμβαίνει αυτή η εξίσωση ελκτικών και απωστικών δυνάμεων ( $F_{ΕΛΞΗΣ} = F_{ΑΠΩΣΗΣ}$ ) είναι χαρακτηριστική για κάθε είδος ατόμων και ονομάζεται **απόσταση ισορροπίας**  $r_0$ . Είναι της τάξης των 0,3 nm περίπου.

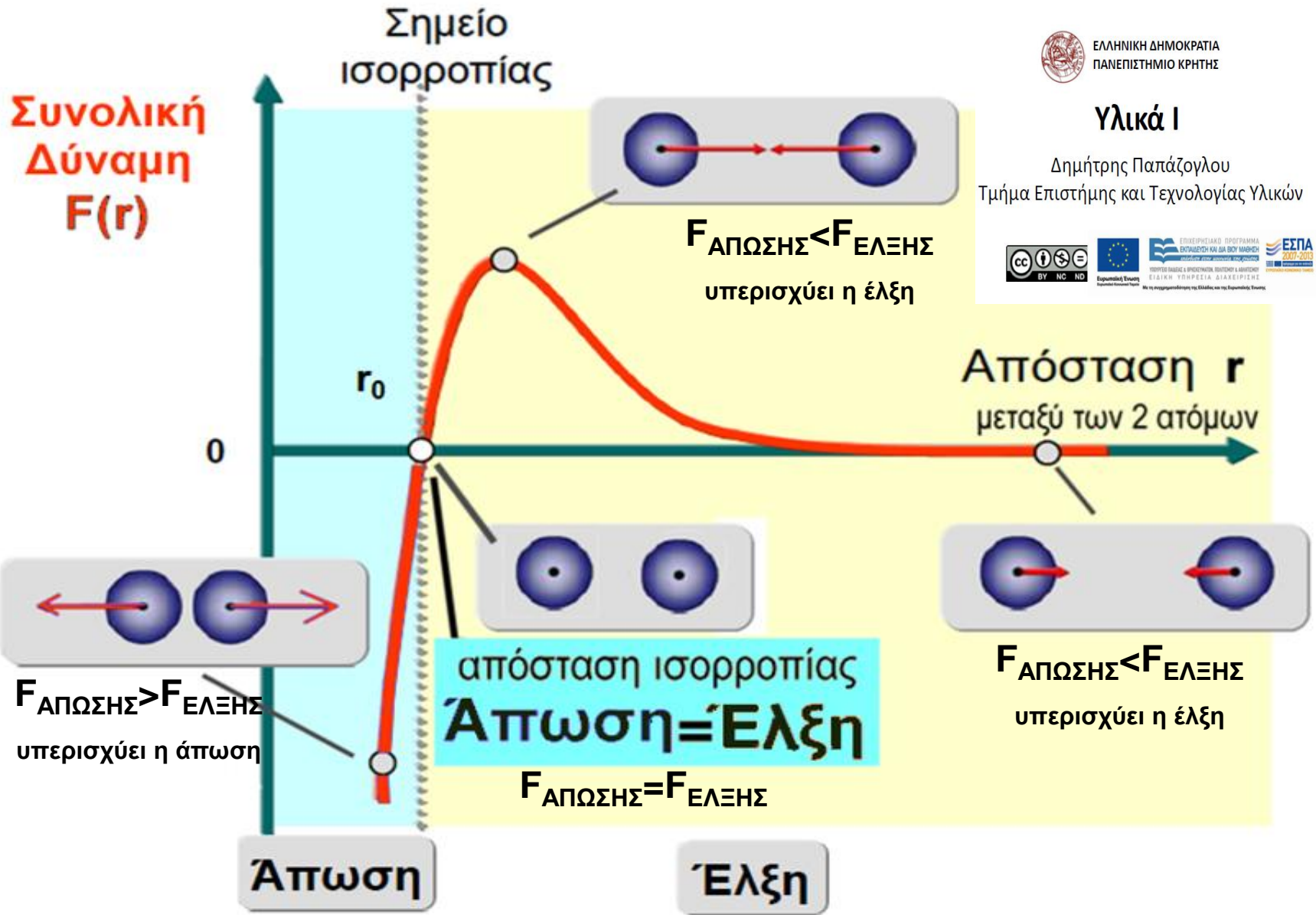
Αντίστοιχη διαδικασία λαμβάνει χώρα για πάνω από δύο άτομα, ίδια ή διαφορετικά μεταξύ τους.





## Υλικά Ι

Δημήτρης Πατάζογλου  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών



Το διάγραμμα της συνολικής δύναμης  $F(r)$  σε συνάρτηση με την απόσταση μεταξύ δύο ίδιων ατόμων.

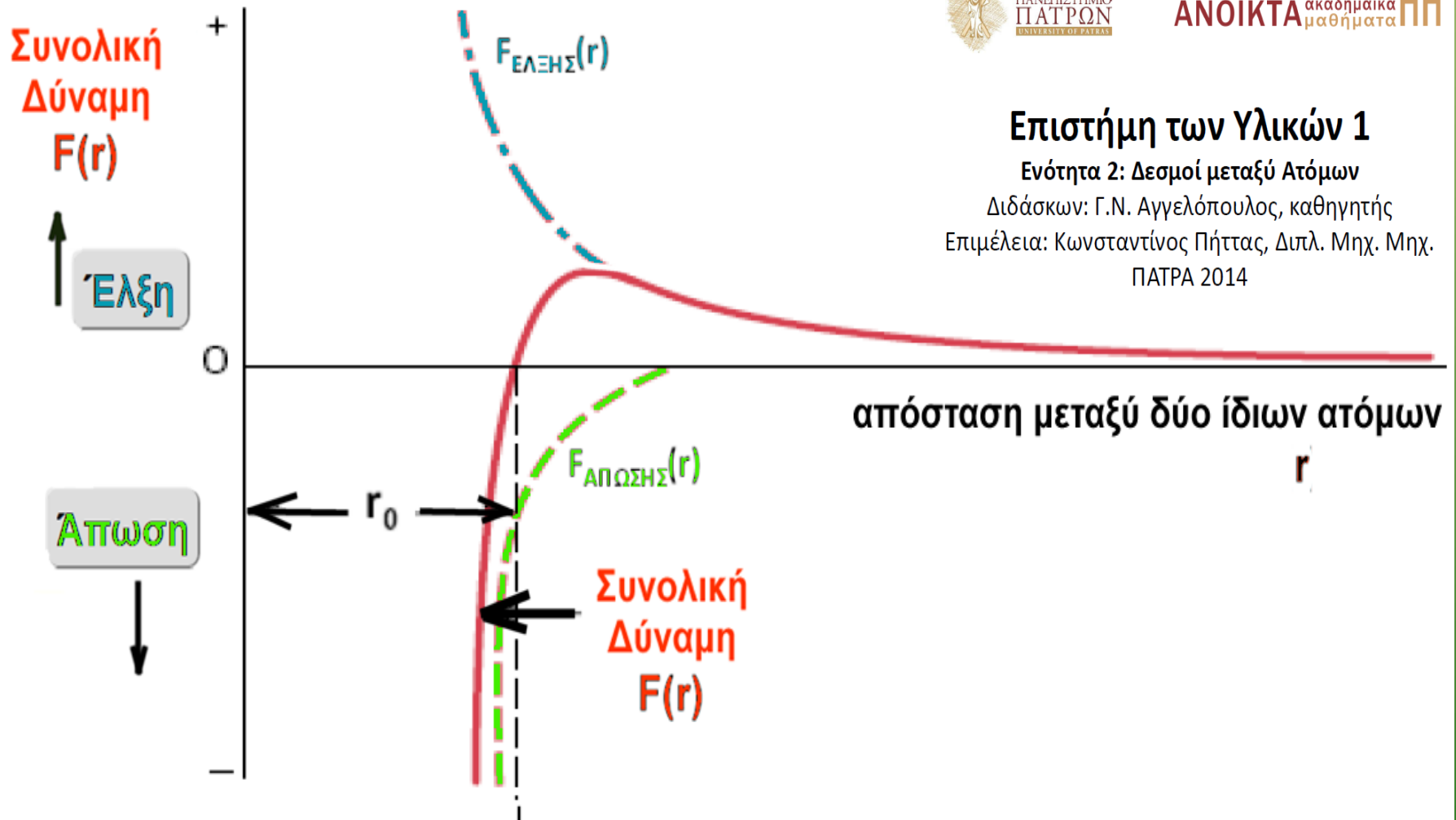
## Επιστήμη των Υλικών 1

Ενότητα 2: Δεσμοί μεταξύ Ατόμων

Διδάσκων: Γ.Ν. Αγγελόπουλος, καθηγητής

Επιμέλεια: Κωνσταντίνος Πήττας, Διπλ. Μηχ. Μηχ.

ΠΑΤΡΑ 2014



Το διάγραμμα της ελκτικής δύναμης  $F_{ΕΛΞΗΣ}$ , της απωστικής δύναμης  $F_{ΑΠΩΣΗΣ}$  και πάλι της συνολικής δύναμης  $F$  σε συνάρτηση με την απόσταση μεταξύ δύο ίδιων ατόμων.

# ΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ

Κάθε προσπάθεια απομάκρυνσης κάποιου από τα δύο άτομα από τη θέση ισορροπίας  $r_0$ , αντισταθμίζεται από ελκτική δύναμη που το επαναφέρει στη θέση ισορροπίας και κάθε προσπάθεια πλησιάσματος σε απόσταση μικρότερη της απόστασης ισορροπίας  $r_0$ , αντισταθμίζεται από αυξανόμενη απωστική δύναμη που πάλι το επανεφέρει στη θέση ισορροπίας.

Αρκετές φορές μπορούμε αντί των δυνάμεων που εκδηλώνονται ανάμεσα στα δύο άτομα, να χρησιμοποιηθεί το μέγεθος που ονομάζεται **δυναμική ενέργεια**  $E$ . Η δυναμική ενέργεια προκύπτει ως μέγεθος από τις δυνάμεις από τον παρακάτω τύπο:

$$E_{\text{ΟΛΙΚΟ}} = - \int_r^{\infty} F \cdot dr$$

Απλοϊκά είναι η **ενέργεια που πρέπει να δαπανηθεί για να μεταφερθεί το ένα άτομο που απέχει απόσταση  $r$  από το άλλο, έως το άπειρο**-δηλαδή σε πολύ μεγάλη απόσταση. Το αρνητικό πρόσημο σχετίζεται με το γεγονός ότι αναφερόμαστε στην ενέργεια που πρέπει να δαπανηθεί γι' αυτή τη μεταφορά.

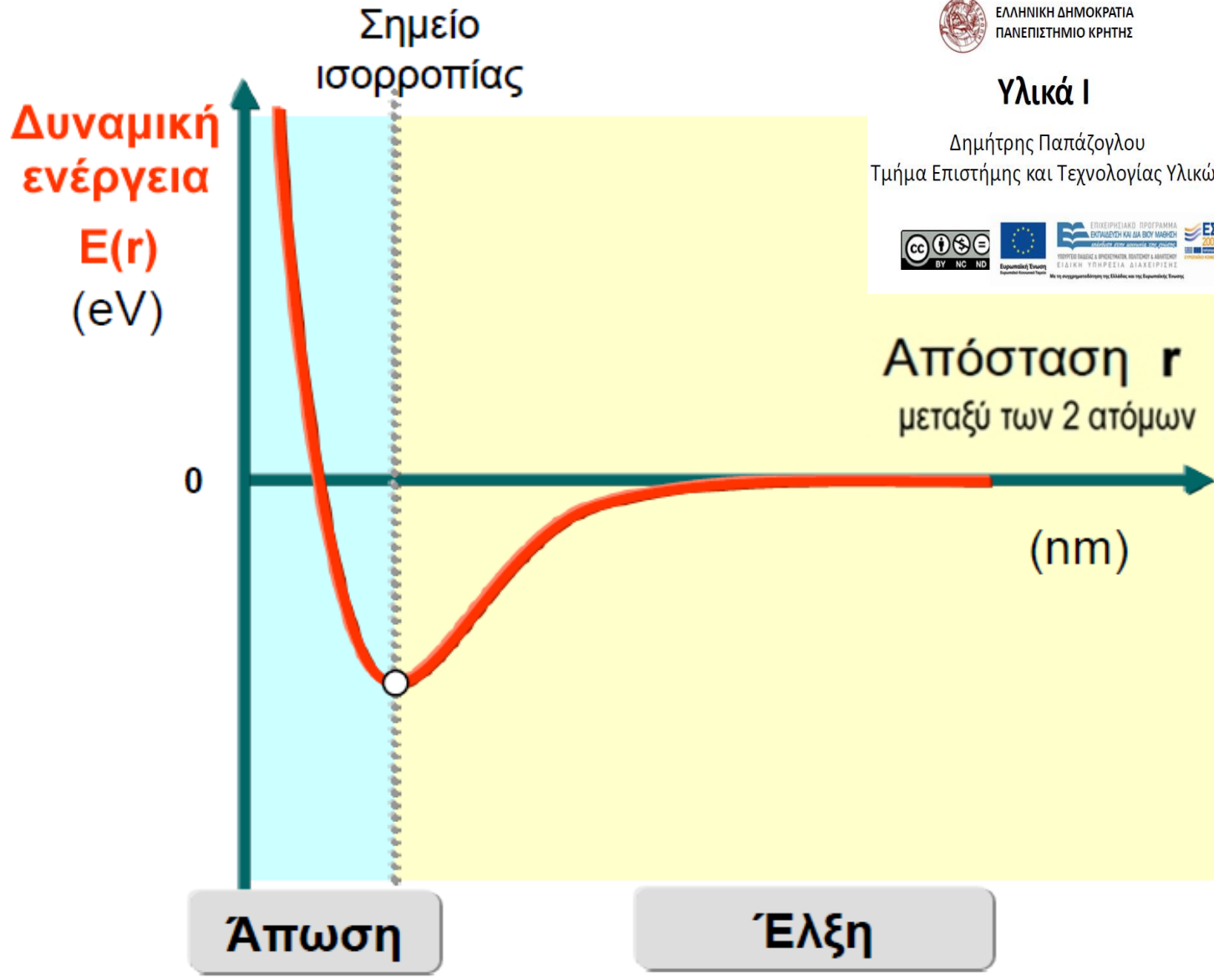
Στις επόμενες δύο διαφάνειες παρουσιάζεται η **δυναμική ενέργεια** ως συνάρτηση της απόστασης για σύστημα δύο πανομοιότυπων ατόμων.

Παρόμοια πηγάρια δυναμικής ενέργειας (αλλά με διαφορετικό βάθος και με διαφορετικές αποστάσεις) συναντώνται όταν τα άτομα είναι διαφορετικά.



## Υλικά Ι

Δημήτρης Παπάζογλου  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών



Το διάγραμμα της συνολικής δυναμικής ενέργειας  $E(r)$  σε συνάρτηση με την απόσταση μεταξύ δύο ίδιων ατόμων.

Συνολική  
Δυναμική  
ενέργεια  
 $E(r)$

Άπωση

Έλξη



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

Επιστήμη των Υλικών 1

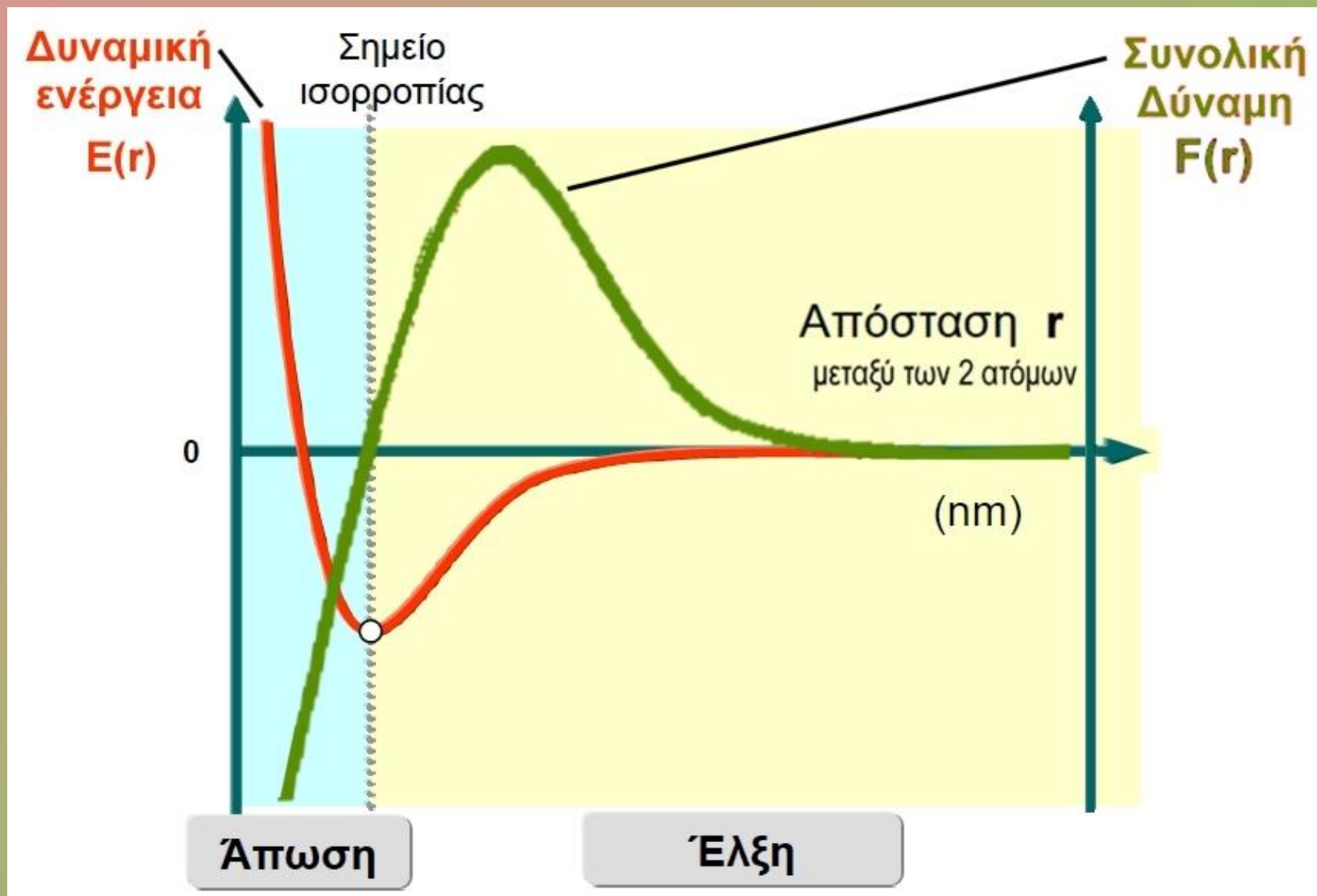
Ενότητα 2: Δεσμοί μεταξύ Ατόμων

Διδάσκων: Γ.Ν. Αγγελόπουλος, καθηγητής

Επιμέλεια: Κωνσταντίνος Πήττας, Διπλ. Μηχ. Μηχ.

ΠΑΤΡΑ 2014

Το διάγραμμα, της δυναμικής ενέργειας που οφείλεται στην ελκτική δύναμη, της δυναμικής ενέργειας που οφείλεται στην απωστική δύναμη και πάλι της συνολικής δυναμικής ενέργειας  $E(r)$ , όλες ως συνάρτηση με την απόσταση μεταξύ δύο ίδιων ατόμων.



Το διάγραμμα, της συνολικής δυναμικής ενέργειας  $E(r)$  και της συνολικής δύναμης  $F(r)$ , και οι δύο ως συνάρτηση της απόστασης μεταξύ δύο ίδιων ατόμων.

# ΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ

Στις επόμενες δύο διαφάνειες, παρουσιάζονται εποπτικά η **δυναμική ενέργεια** (πηγάδι δυναμικού) και οι **δυνάμεις** (συνολικές ηλεκτρικές) που αναπτύσσονται μεταξύ δύο πανομοιότυπων ατόμων σε διάφορες αποστάσεις μεταξύ τους (αρχικά από μακριά και σιγά σιγά πλησιάζοντας).

## ΔΙΕΥΚΡΙΝΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΦΑΝΕΙΕΣ:

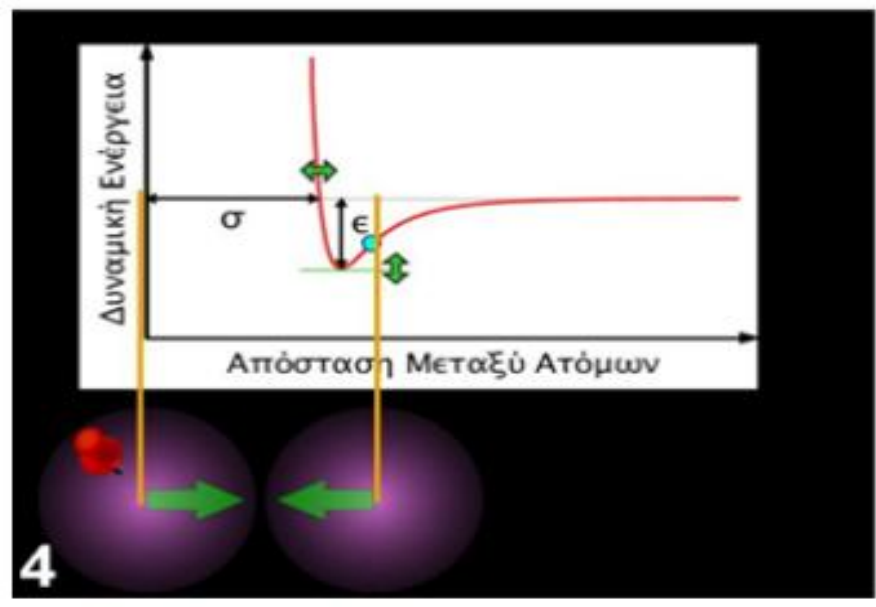
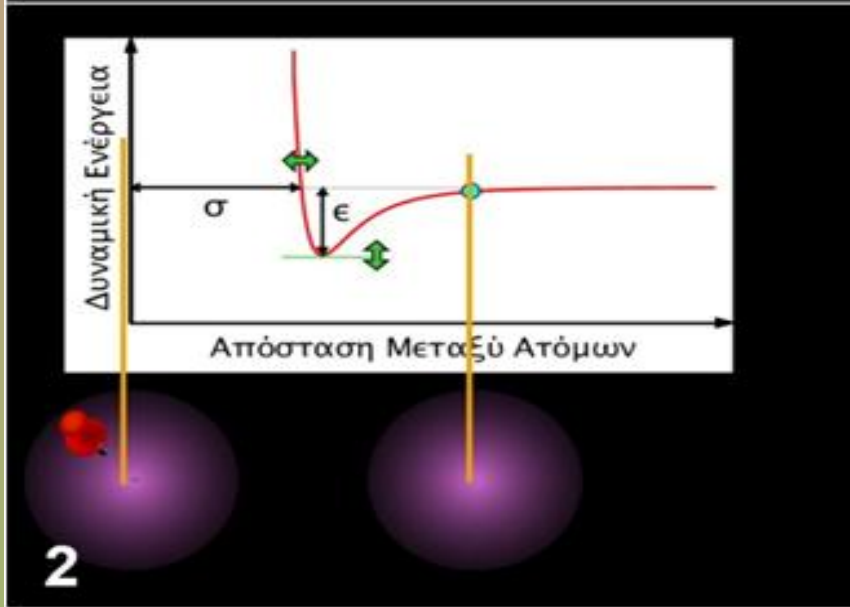
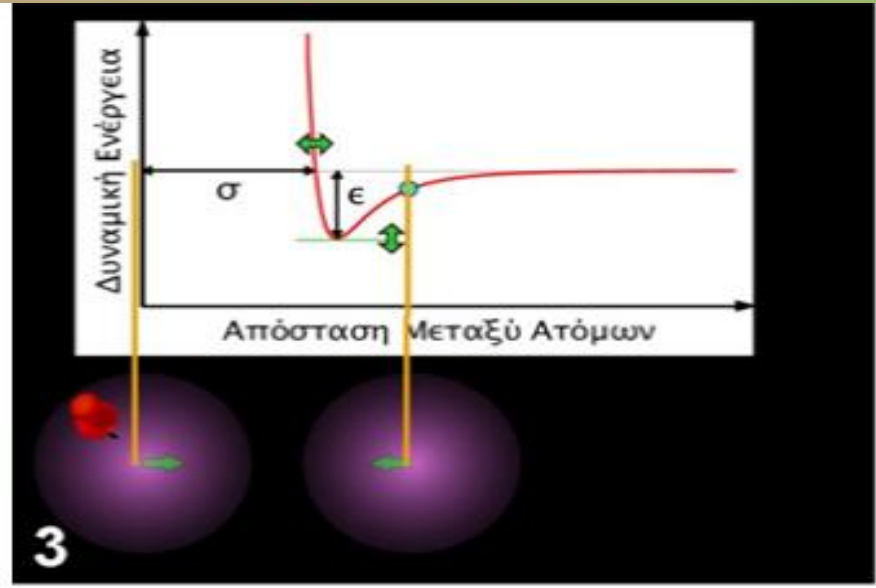
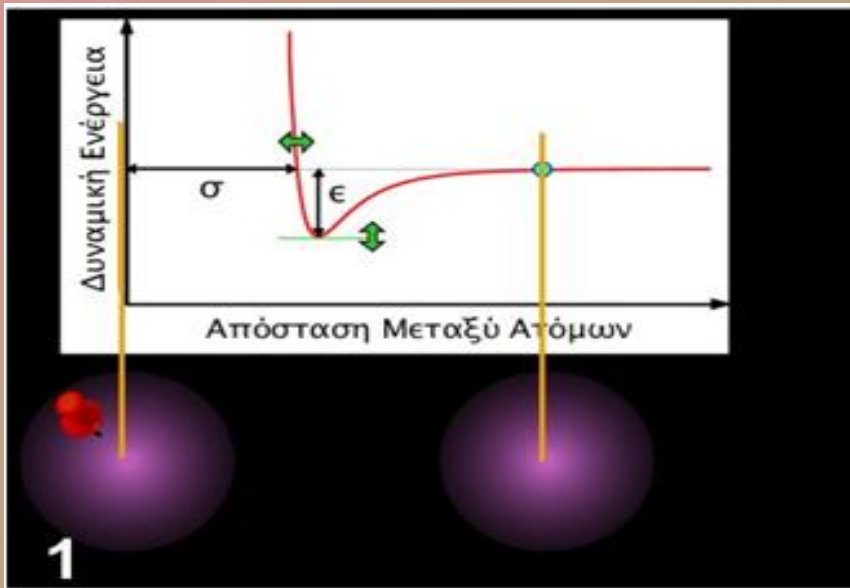
Αρχικά όταν τα άτομα απέχουν πολύ μεταξύ τους **έλκονται ηλεκτροστατικά** αμυδρά (μέσω Van der Waals αλληλεπιδράσεων ) (1-4)

Όσο πλησιάζουν αρκετά αρχίζει η επικάλυψη των ηλεκτρονικών τους νεφών, οπότε η **ηλεκτρική άπωση των αρνητικά φορτισμένων νεφών** τους είναι μεγάλη έως πολύ μεγάλη (6-8) γιατί τα ομώνυμα φορτία απωθούνται .

Στην εικόνα 5 έχει επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ ελκτικών και απωστικών δυνάμεων κι εκεί τα άτομα ισορροπούν σχηματίζοντας ένα **μόριο**.

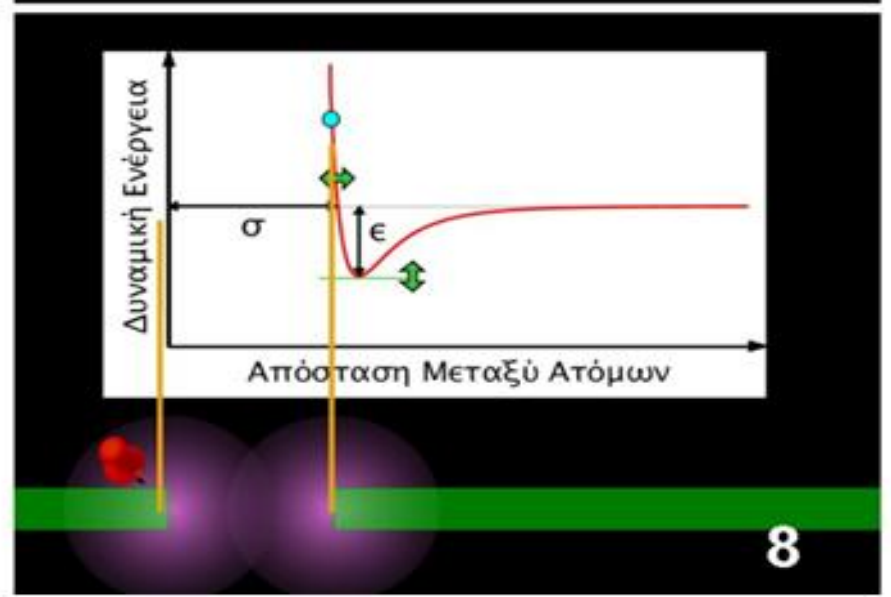
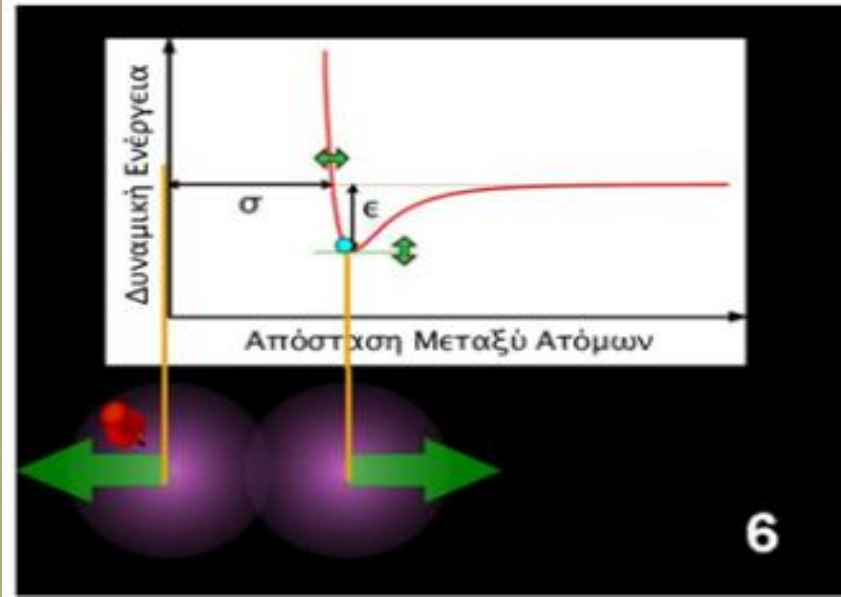
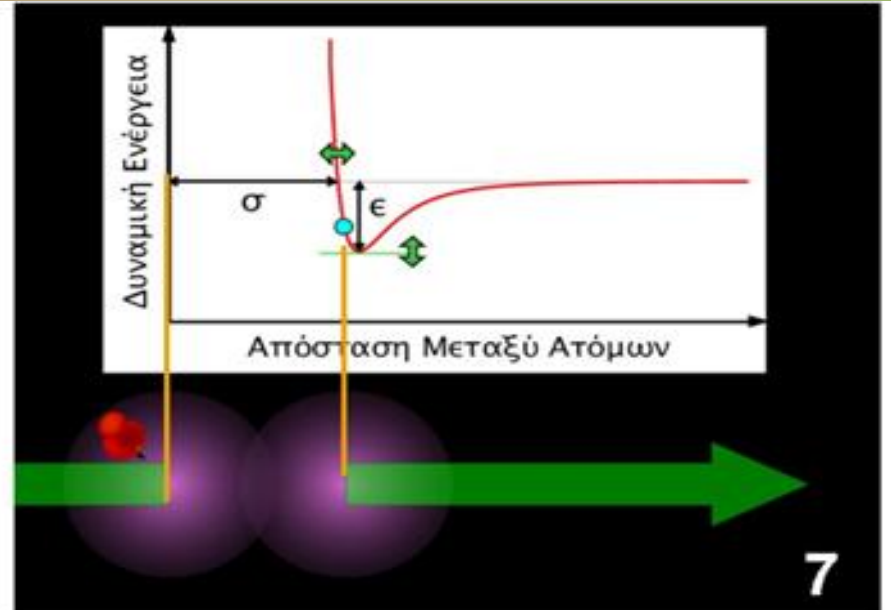
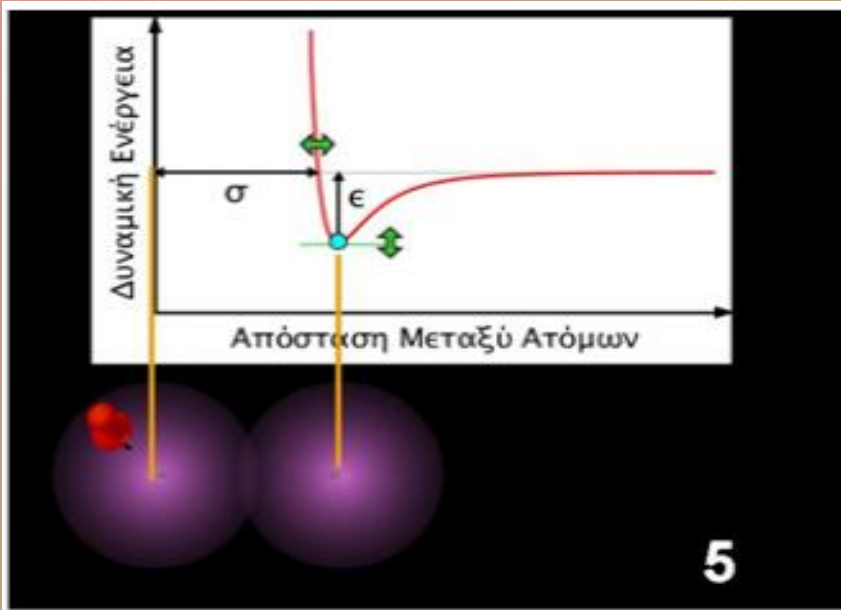
**Πάντα η απόσταση ισορροπίας (η θέση που ισορροπούν τα δύο άτομα) είναι αυτή στην οποία η δυναμική ενέργεια έχει τη μικρότερη τιμή.**

Παρόμοια πηγάρια δυναμικής ενέργειας (αλλά με διαφορετικό βάθος και με διαφορετικές αποστάσεις) συναντώνται όταν τα άτομα είναι διαφορετικά.



Η συνολική ηλεκτροστατική δύναμη και η συνολική δυναμική ενέργεια μεταξύ δύο ατόμων όσο η μεταξύ τους απόσταση μεταβάλλεται





Η συνολική ηλεκτροστατική δύναμη και η συνολική δυναμική ενέργεια μεταξύ δύο ατόμων όσο η μεταξύ τους απόσταση μεταβάλλεται

[https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter\\_el.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_el.html) /δυναμικό αλληλεπίδρασης

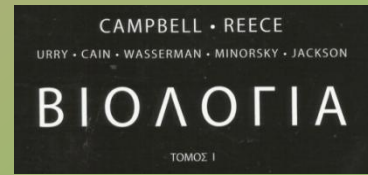
Τα παραπάνω άτομα θα μπορούσαν να είναι περισσότερα από δύο (τρία ή και παραπάνω) ή και να είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Σε κάθε περίπτωση, με ακριβώς τον ίδιο χειρισμό, όλα τα εμπλεκόμενα άτομα θα ισορροπήσουν στην απόσταση που η δυναμική τους ενέργεια παίρνει την ελάχιστη τιμή (βρίσκεται στον πάτο του πηγαδιού), σχηματίζοντας **μόρια** (ομάδες ατόμων).

Η απόσταση ισορροπίας είναι ακριβώς αυτή η απόσταση που συναντούμε να βρίσκονται τα άτομα στη γνωστή μας ύλη.

### Προτεινόμενη άσκηση προσομοίωσης

[https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter\\_el.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_el.html)/δυναμικό αλληλεπίδρασης

# Σύντομη αναφορά σε πτυχές της έννοιας της **ενέργειας** **ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**



- **Κινητική ενέργεια:** ότι είναι η ενέργεια ενός σώματος (αυτοκίνητο, άτομο, μόριο κ.ό.κ.) λόγω της κίνησής του.
- Η **θερμική ενέργεια** χαρακτηρίζει **το σύνολο της κινητικής ενέργειας** των σωματιδίων (ατόμων, μορίων, ιόντων) που συγκροτούν τα υλικά σώματα, καθώς αυτά κινούνται στο εσωτερικό τους. Όσο η θερμική ενέργεια είναι μεγαλύτερη τόσο το σώμα εμφανίζεται να έχει υψηλότερη **θερμοκρασία**. Η θερμοκρασία δεν είναι θερμική ενέργεια, αλλά μας δείχνει το πόσο μεγάλη η μικρή είναι η θερμική ενέργεια.
- **Δυναμική ενέργεια:** ειπώθηκε ότι είναι η μορφή ενέργειας που κατέχει ένα σώμα, ή σύστημα, λόγω της **θέσεως** (σε σχέση με κάποια άλλη, π.χ. η ενέργεια ενός σώματος σε κάποιο ύψος από την επιφάνεια της Γης, ή η ενέργεια που έχει ένα ηλεκτρικό φορτίο αν το τοποθετήσουμε σε κάποια πεπερασμένη απόσταση από ένα άλλο ηλεκτρικό φορτίο-λόγω ηλεκτρικής δύναμης Coulomb) ή λόγω της **δομής** του.
- **Χημική ενέργεια** χαρακτηρίζεται **το σύνολο της δυναμικής ενέργειας που απαιτήθηκε για τη συγκρότηση των χημικών ουσιών από τα συστατικά τους** κάτω από την αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων και που είναι αποθηκευμένη στην ύλη.
- Η **χημική ενέργεια απελευθερώνεται** και μετασχηματίζεται συνήθως σε θερμική ενέργεια όταν σύνθετα συστατικά της ύλης (π.χ. σύνθετα μόρια όπως της γλυκόζης) διασπώνται και πάλι σε απλούστερα (όπως διοξείδιο του άνθρακα και νερό).

---

**Εσωτερική ενέργεια** ονομάζεται το **συνολικό άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας** των δομικών στοιχείων ενός σώματος αν αυτό απομονωθεί από όλες τις εξωτερικές δυνάμεις.

## Σύντομη αναφορά σε γενικότερα θέματα **ενέργειας**

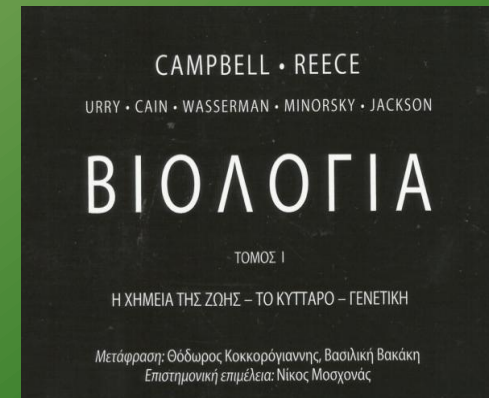
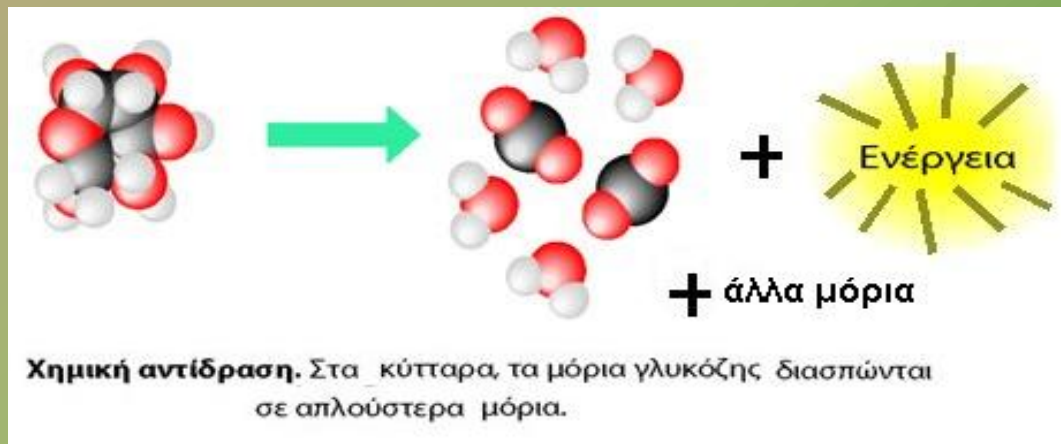
Η **δυναμική ενέργεια** που απαιτείται για να πλησιάσουν δύο ή περισσότερα μόρια από μακριά και να σχηματίσουν ένα τμήμα ενός υλικού, αποθηκεύεται στο υλικό ως **χημική ενέργεια**.

Παραδείγματος χάρη για να σχηματιστεί ένα μόριο γλυκόζης  $C_6H_{12}O_6$  απαιτείται ενέργεια μέσω της οποίας το  $CO_2$  και το  $H_2O$  σχηματίζουν το παραπάνω μόριο.  
(φωτοσύνθεση)

**$CO_2$  και  $H_2O$  και ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ δημιουργούν τη γλυκόζη  $C_6H_{12}O_6$**

Η δυναμική αυτή ενέργεια που απαιτείται είναι η χημική ενέργεια του μορίου.

Όταν το μόριο διασπαστεί σε μικρότερα μόρια ή άτομα η παραπάνω ενέργεια που απαιτήθηκε για το σχηματισμό του μορίου, αποδίδεται, απελευθερώνεται.



## Σύντομη αναφορά σε γενικότερα θέματα **ενέργειας**

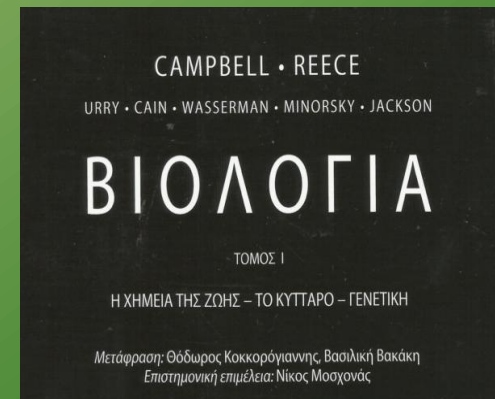
Όταν αυξηθεί το πλήθος των ατόμων και μελετηθεί η ύλη στη γνωστή μας μορφή (και ακόμα περισσότερο στους βιολογικούς οργανισμούς), τότε η διαχείριση της έννοιας της ενέργειας απαιτεί πιο πολύπλοκες μαθηματικές προσεγγίσεις.

Π.χ.: σε ένα πραγματικό υλικό ορίζουμε τη συνάρτηση που ονομάζεται **ελεύθερη ενέργεια Gibbs (G)** που δίνεται από τον τύπο:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

όπου **H** είναι η **ενθαλπία** του συστήματος (ή αλλιώς η **συνολική του ενέργεια**), **T** η **θερμοκρασία** σε °K (βαθμούς Κέλβιν °K = °C + 273), **S** είναι η **εντροπία** του συστήματος δηλαδή η **αταξία** του συστήματος και στην περίπτωση χημικής αντίδρασης είναι η **χημική ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμότητα**.

Υπενθυμίζεται ότι το σύμβολο Δ πριν από ένα μέγεθος σημαίνει τη διαφορά-μεταβολή του από μία αρχική σε μία τελική τιμή.



Αφού σύμφωνα με τον α' νόμο της Θερμοδυναμικής η ενέργεια ενός συστήματος δεν καταστρέφεται, ούτε δημιουργείται αλλά μένει σταθερή, **γιατί τα συστήματα αενάως δεν ανακυκλώνουν την ενέργεια του και να μην χρειάζονται επιπλέον ενέργεια και να είναι αυτάρκη;**

Ο λόγος που δεν συμβαίνει αυτό είναι ο β' νόμος της Θερμοδυναμικής. Δια μέσου όλων των σχετικών πειραμάτων αποδεικνύεται ότι **στην πλειονότητα των μετατροπών ενέργειας από μία μορφή σε άλλη, ένα τμήμα της μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια-θερμότητα**, που είναι μη χρήσιμη μορφή ενέργειας, μη ικανή να παράγει έργο\*, παρά μόνο θερμαίνει τα συστήματα και τελικώς διασκορπίζεται στο περιβάλλον. Άρα **ένα μέρος «χρήσιμης» ενέργειας χάνεται σε κάθε μετατροπή**. Συνεπώς η ποιότητα της ενέργειας υποβαθμίζεται σε κάθε μετατροπή.

Η θερμική ενέργεια-θερμότητα θεωρείται η πιο χαμηλής ποιότητας κι η πιο αποδιοργανωμένη μορφή ενέργειας, που είναι συνειφασμένη με την αταξία της ύλης.

Έτσι όταν ένα ζώο καταναλώνει ένα άλλο, ένα τμήμα της χημικής ενέργειας που πήρε ο θηρευτής από το θήραμα θα μετατραπεί ανεπιστρεπτί σε μη αξιοποιήσιμη\* για την παραγωγή κάποιου έργου θερμότητα, η οποία τελικώς θα διασκορπιστεί μέσω του σώματος του θηρευτή στο περιβάλλον.

**Το σύμπαν γενικά, σε κάθε μετατροπή ενέργειας γίνεται λιγότερο διατεταγμένο (γίνεται πιο άτακτο), κι άρα αυξάνει η εντροπία του (βλέπε παρακάτω).**

---

\*Η Θερμότητα μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή έργου, αν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αρχικής και τελικής κατάστασης, αλλά αυτό δεν συμβαίνει στο κύτταρο όπου η θερμοκρασία του πρέπει να είναι συνεχώς σταθερή (αλλά αυτό το τελευταίο το ξεχνάτε)

## Καταστάσεις της Ύλης



Κωνσταντίνος Σιμσερίδης

ΑΘΗΝΑ 2015



Ελληνικό Ακαδημαϊκό Ηλεκτρονικό  
Συγγράμματα και Βοηθήματα  
www.kalipos.gr

**HEALINK**  
Συνδρασμός Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών



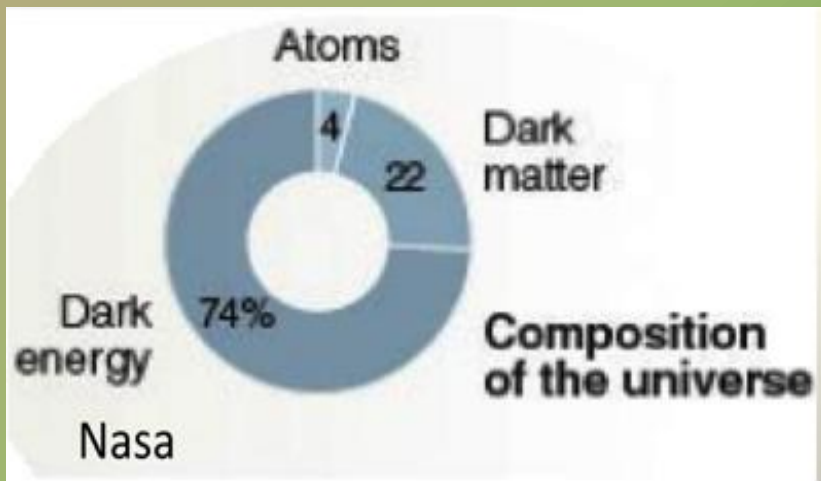
Ευρωπαϊκή Ένωση  
European Union



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ  
2014-2020



**ΟΛΑ ΟΣΑ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΎΛΗΣ, ΤΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ κ.τ.λ. αφορούν περίπου το 4% της υπάρχουσας ΥΛΟ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ στο ΣΥΜΠΑΝ.**

Το υπόλοιπο 96% της συνολικής πυκνότητας ενέργειας στο σύμπαν δεν ανήκει σε μία από τις τέσσερις παρατηρήσιμες στην καθημερινή ζωή μας καταστάσεις, αλλά είναι ένας συνδυασμός **ψυχρής σκοτεινής ύλης (cold dark matter)** και **σκοτεινής ενέργειας (dark energy)**.

Ονομάζονται **σκοτεινές** ακριβώς γιατί με τα επιστημονικά, πειραματικά όργανα που διαθέτουμε αυτή τη στιγμή, αδυνατούμε να τα εντοπίζουμε άμεσα. Αυτό συμβαίνει καθώς δεν αλληλεπιδρούν μέσω των γνωστών σε μας μηχανισμών κι αδυνατούμε να τα «δούμε». Οδηγούμαστε στις εικασίες ύπαρξής τους από έμμεσες ενδείξεις. Αυτά είναι έξω από σκοπό του συγκεκριμένου μαθήματος.