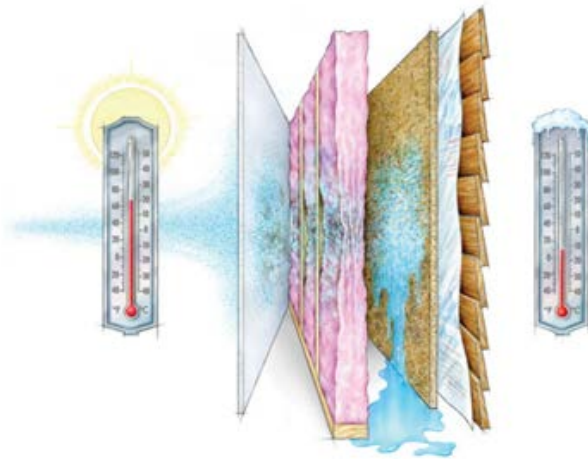


“Trends in nanomaterials & advance materials in Energy Efficient Building”

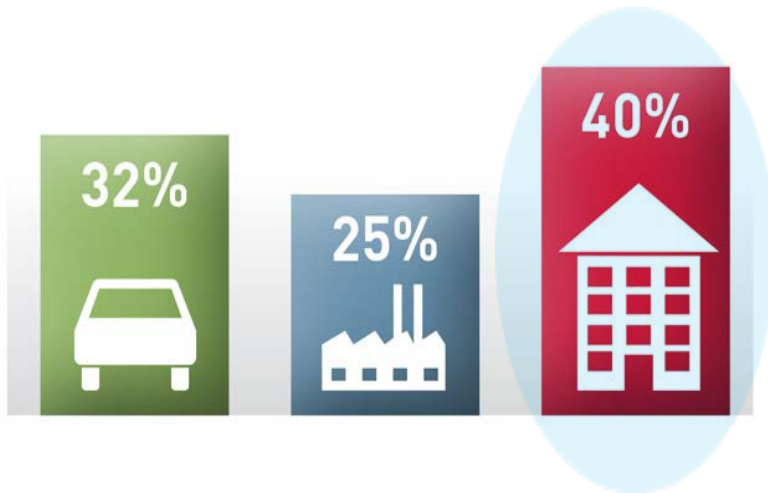


*Deligkiozi Ioanna, Chem. Engineer,
NTUA, B.Sc., M.Sc., Ph.D.*

Δομή της ομιλίας

- ✓ Τομέας Κτιρίων
- ✓ Χρηματοδότηση μέσω ευρωπαϊκών προγραμμάτων (Horizon2020)
- ✓ Ενεργειακά αποδοτικά κτίρια (EeB)
- ✓ Νάνο-υλικά και νάνοδομημένα υλικά
- ✓ Απώλειες ενέργειας και αναβάθμιση κτιρίων
- ✓ Πρακτικές εφαρμογές υλικών ενισχυμένα με νανοσωματίδια

Τομέας κατασκευών στην ΕΕ



- Απασχολεί: 16,4 εκατομμύρια εργαζόμενους
- Αποτελεί: 30% των βιομηχανιών
- Συσχέτιση: 3 εκατομμύρια επιχειρήσεις
- Περιλαμβάνει: 95% των οποίων είναι ΜΜΕ

DIRECTIVE 2010/31/EU (19 May 2010), energy performance of buildings

- ✓ Τα κτήρια καταναλώνουν το 40% της ενέργειας στην ΕΕ
- ✓ Ευθύνονται για το 40% των εκπομπών του CO₂, το 1/3 των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) στην ΕΕ
- ✓ Ακόμα και τα νέα κτήρια απέχουν πολύ από το να είναι ενεργειακά αποδοτικά
- ✓ Επενδύσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων θα μπορούσε να δημιουργήσει επιπλέον 2 -3 εκατομμύρια θέσεις εργασίας

Προτεραιότητες του H2020

Επιστημονική Αριστεία (Excellent Science)

- ✓ Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Έρευνας (ERC)
- ✓ Μελλοντικές και αναδυόμενες τεχνολογίες (FET)
- ✓ Δράσεις "Marie Skłodowska-Curie"
- ✓ Ερευνητικές υποδομές

Βιομηχανική Υπεροχή (Industrial Leadership)

- ✓ Πρόσβαση σε κεφάλαια κινδύνου
- ✓ Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ICT)

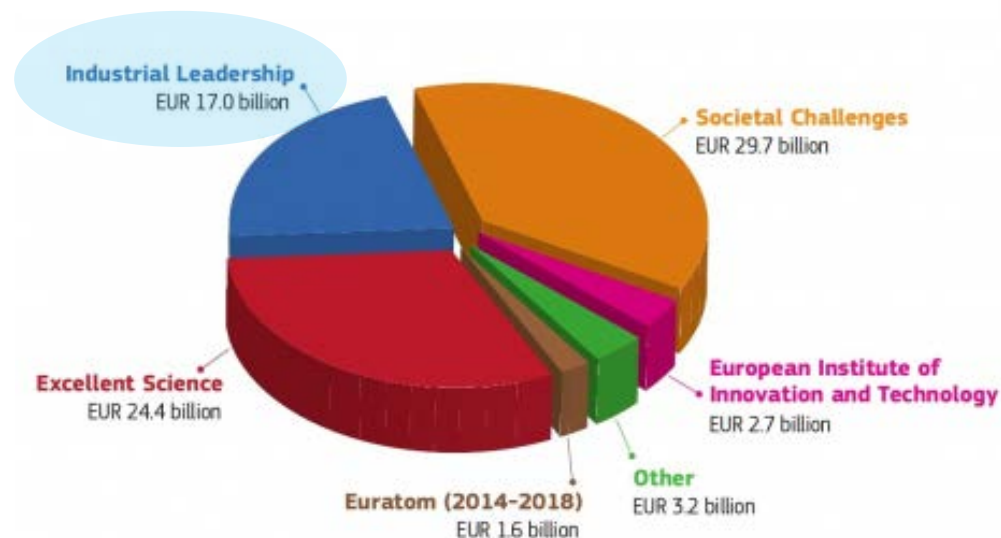
Κοινωνικές Προκλήσεις (Societal Challenges)

- ✓ Υγεία, δημογραφική μεταβολή και ευεξία
- ✓ Ασφαλής, καθαρή και αποδοτική ενέργεια
- ✓ Η Ευρώπη σε έναν μεταβαλλόμενο κόσμο - Πολυδεκτικές, καινοτόμες και στοχαστικές κοινωνίες

H2020: 2014-2020



Συνολικός Προϋπολογισμός: 80 δισ. ευρώ



Νανοτεχνολογία και προηγμένα υλικά 2014-2020

Τομέας 1: Σύστημα μόνωσης υψηλής απόδοσης

Τομέας 2: Υλικά με μειωμένη ενσωματωμένη ενέργεια

Τομέας 3: Νανοτεχνολογίες για συστήματα HVAC

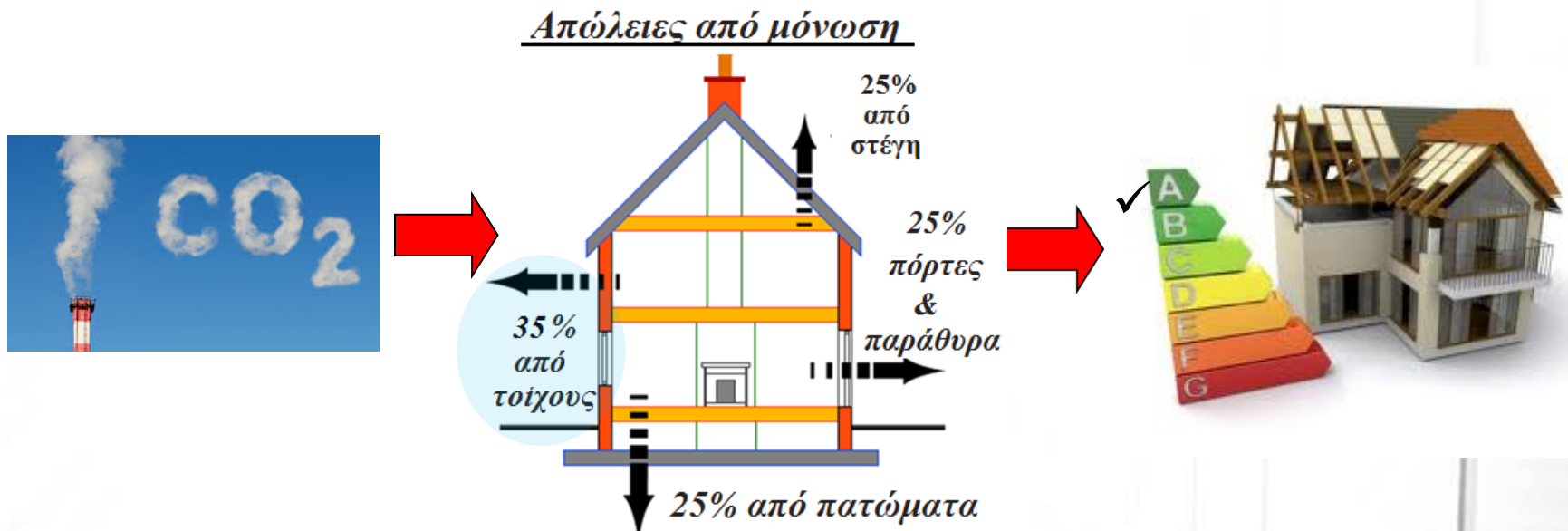
Τομέας 4: Νέα υλικά για έξυπνα παράθυρα

Τομέας 5: Νανοτεχνολογίες για πολυλειτουργικά ελαφρά δομικά υλικά και εξαρτήματα

Τομέας 6: Τεχνολογίες και υλικά για ποιότητα εσωτερικού αέρα

Όραμα της ΕΕ για τα ΕαΚ

Το γενικότερο όραμα της δράσης, *Ενεργειακά Αποδοτικά Κτήρια ΕαΚ*, είναι να παραδώσει ολοκληρωμένες λύσεις και εφαρμογές που στοχεύουν στην αναβάθμιση των κτηρίων ώστε να μειωθεί δραστικά η κατανάλωση ενέργειας και ταυτόχρονα να ελαχιστοποιηθεί η εκπομπή CO_2 τόσο σε νέα όσο και σε υφιστάμενα κτήρια της (ΕΕ).



- Νέα κτίρια: 3-5 lt/m²
- Παλιά κτίρια: ~25 lt/m²
- ~35% των κτιρίων στην Ευρωπαϊκή ένωση είναι παλαιότερο των 50 ετών.

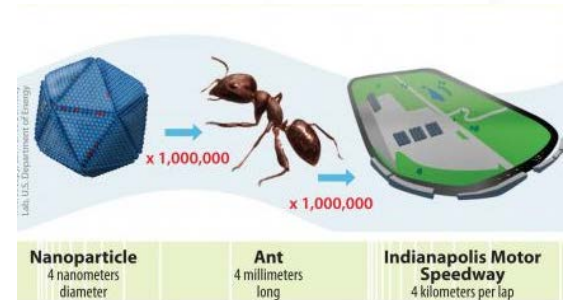
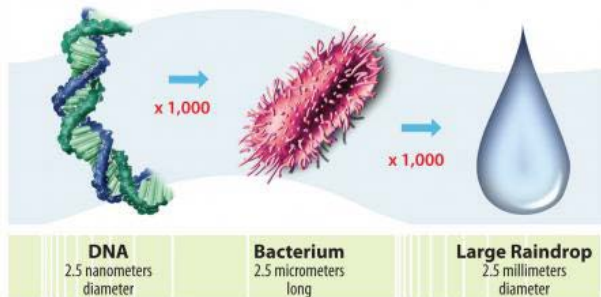
Στόχος της ΕΕ είναι η δραστική μείωση (80%) των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050 σε σχέση με τα επίπεδα το 1990.

Νάνοτεχνολογία

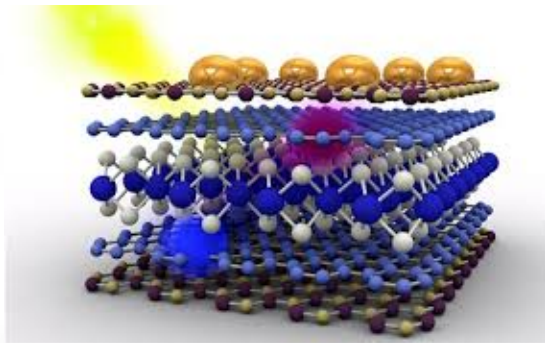
Τα τελευταία χρόνια...

μια «μικρή» λέξη με τεράστιο δυναμικό έχει αρχίσει να διεισδύει στη συνείδηση του κόσμου.

Η λέξη αυτή είναι το πρόθεμα «νάνο» και αναφέρεται στο νάνο- μέτρο ($\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)



Η παγκόσμια αγορά των νάνο - προϊόντων εκτιμάται ότι θα φτάσει τα \$ 33 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2025



Ως νάνο-υλικά ορίζονται τα υλικά τα οποία έχουν δομημένα στοιχεία με τουλάχιστον μία διάσταση με μέγεθος 100nm ή μικρότερη.



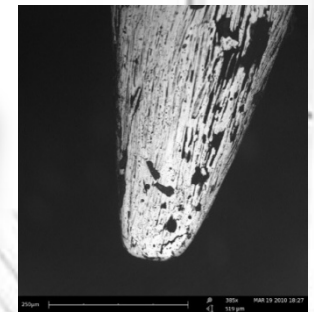
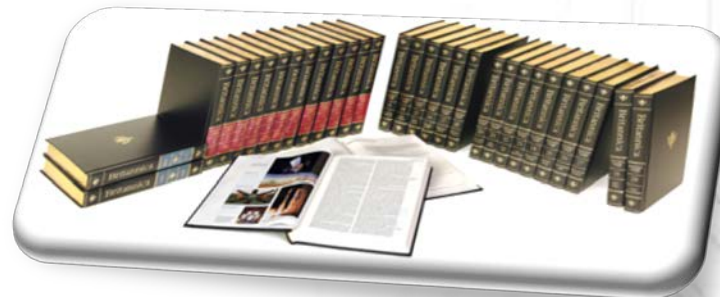
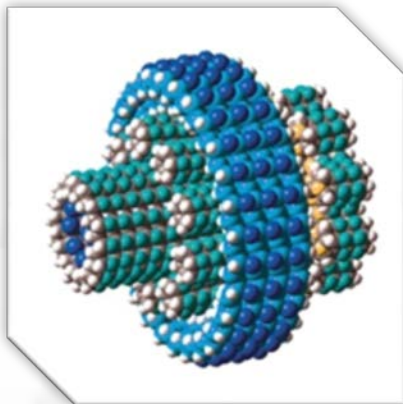
“There is plenty of room at the bottom”

Richard Feynman, physicist, 1965 Nobel Laureate

American Physical Society meeting
Caltech, December 29, 1959

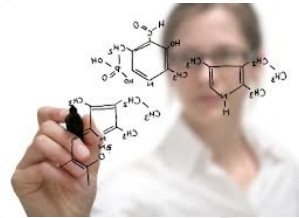
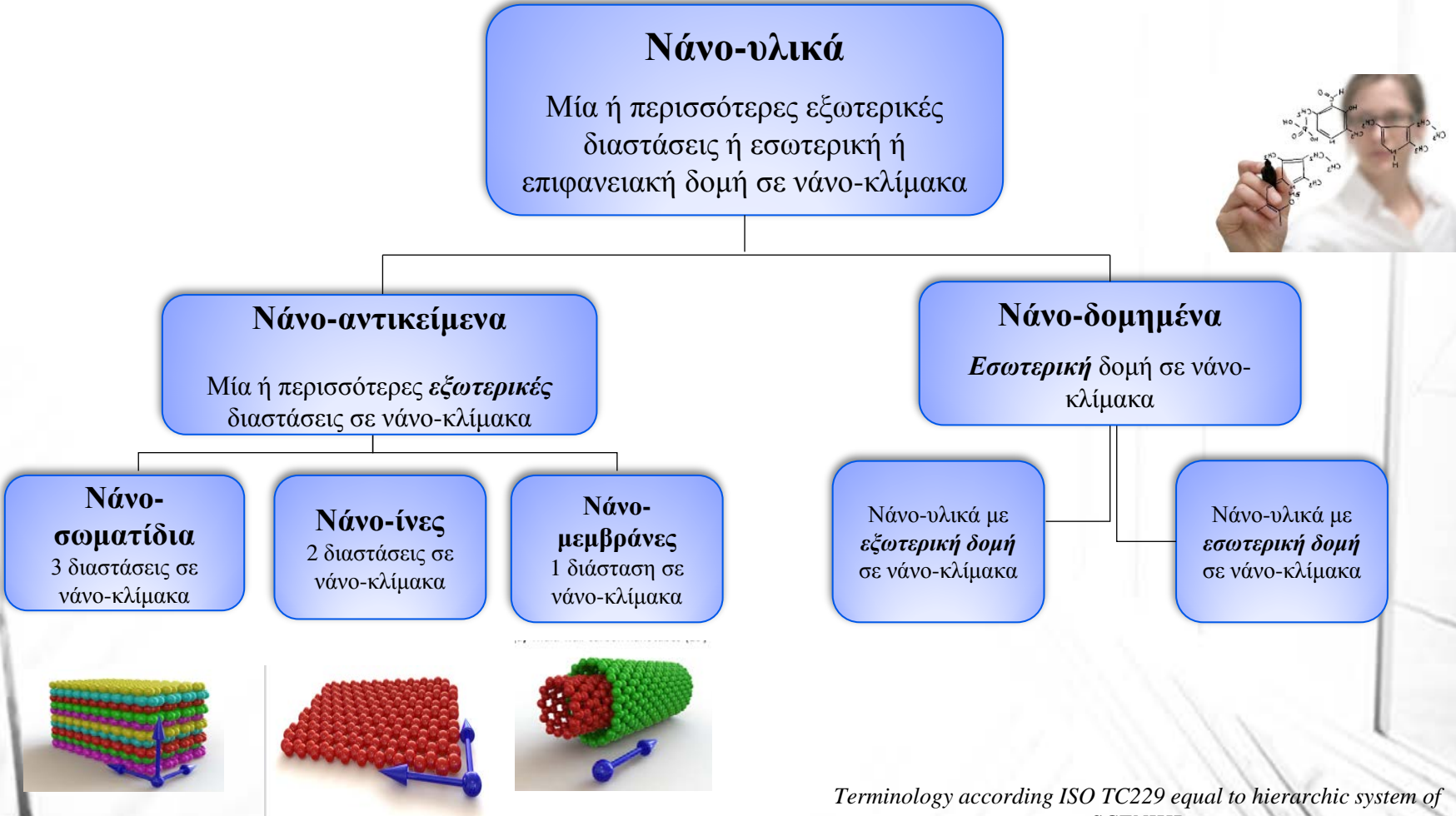
Η πρόκληση των 1000 \$ του Richard Feynman

**Να χωρέσει η εγκυκλοπαίδεια Britannica
στη μύτη μιας καρφίτσας**



Νανουλικά

Οι όροι που συχνά χρησιμοποιούνται στην επιστήμη των νάνο-υλικών αφορούν κυρίως στο σχήμα τους



Terminology according ISO TC229 equal to hierarchic system of SCENIHR

Εφαρμογές Νανοτεχνολογίας

“Energy-Efficient House of the Future”



Φωτοχρωμικά
Παράθυρα &
επιστρώσεις

Επιστρώσεις,
απορροφητικές
οσμές

Σκυροδέματα
προηγμένης
τεχνολογίας

Tools & new
technologies
to improve
IAQ

Ενσωματωμένοι αισθητήρες
ποιότητας αέρα

Φωτοβολταϊκά

Μονωτικά

OLEDs

Δομοστατικά

<http://blogs.aecom.com/connectedcities/for-future-cities-think-small-as-in-nano/>

Προτεραιότητες Νάνοτεχνολογίας



**Multifunctional
lightweight
construction
materials and
components**



**Materials
with
reduced
embodied
energy**



**Novel
materials
for smart
windows
and
coatings**



**Nanotechnology-
based high
performance
insulation
systems and
Nanotechnologies
for HVAC
systems**



**Technologies
and
materials for
a healthier
Indoor Air
Quality
(IAQ)**

Ιδιότητες υλικών

Υψηλό δυναμικό
εξοικονόμησης
ενέργειας

Υψηλή μόνωση,
στοιχεία υψηλής
ανακλαστικότητας
με χαμηλή μεταφορά
θερμότητας

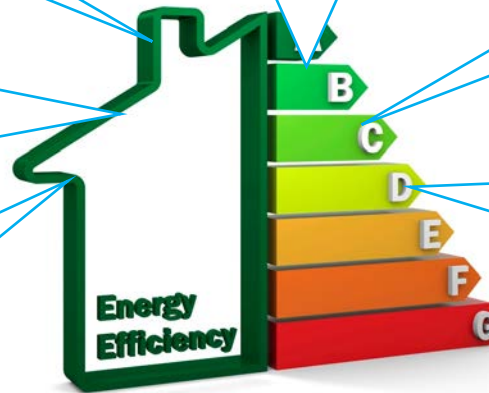
Βελτιωμένες
μηχανικές
ιδιότητες

Μείωση της
κατανάλωσης ενέργειας
καθ' όλη τη διάρκεια
ζωής κτηρίου

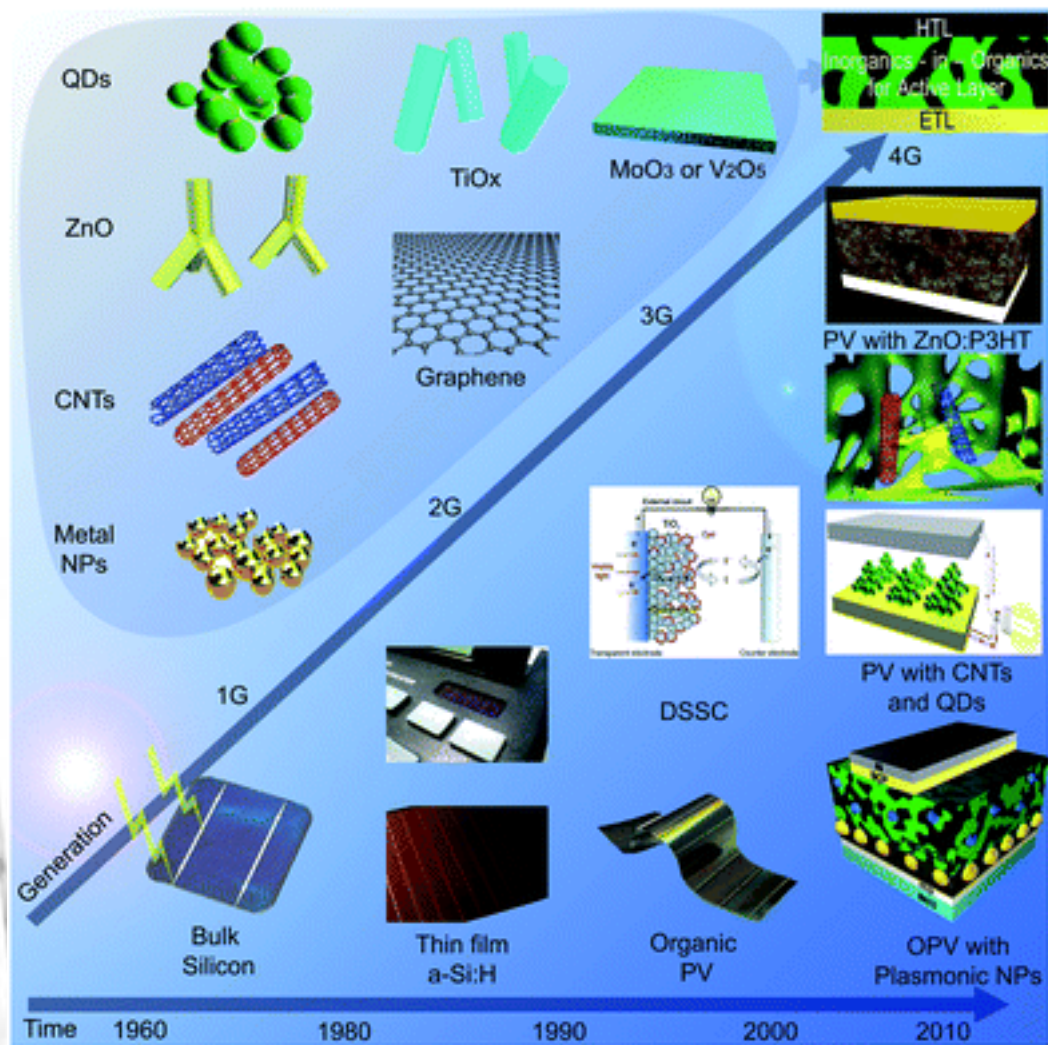
Μείωση του
χρόνου που
απαιτείται για
την ανακαίνιση /
τοποθέτηση

Βελτίωση της
ποιότητας του
εσωτερικού
περιβάλλοντος

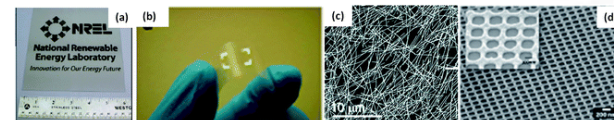
Συμμόρφωση με
προδιαγραφές για
τα κτήρια και τους
κανονισμούς



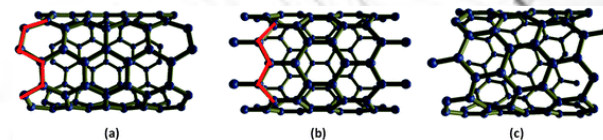
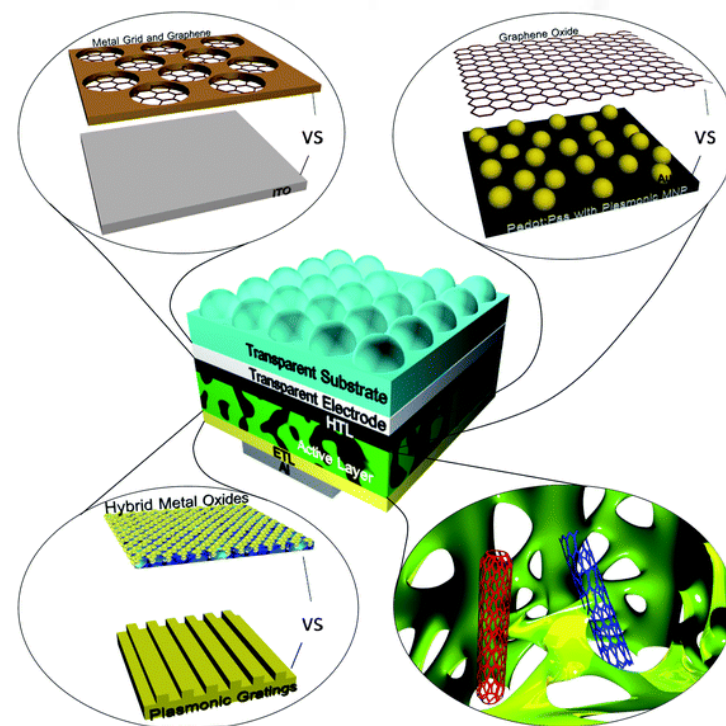
Γενιές Φωτοβολταϊκών



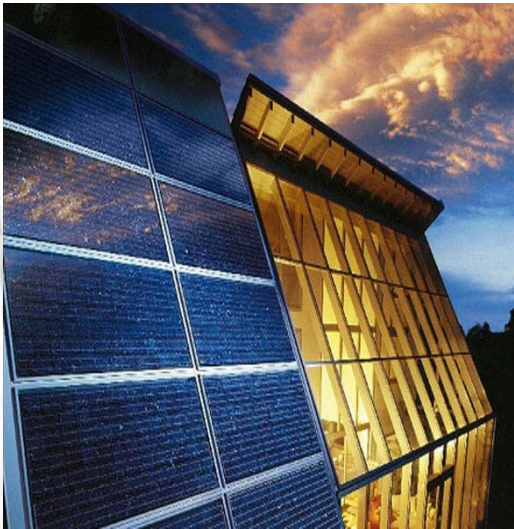
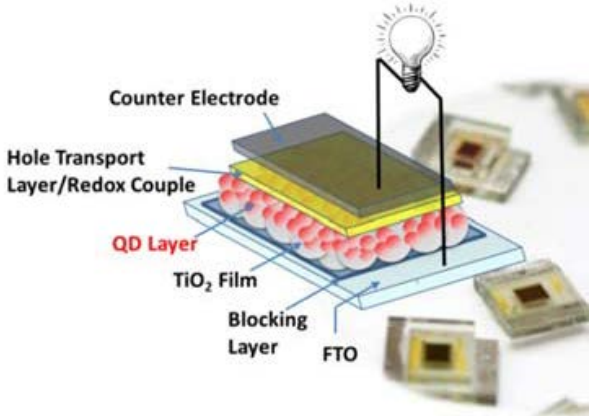
4G solar cells



CNTs, graphene, metal nanowire



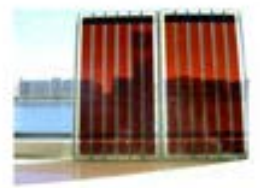
Φωτοβολταϊκά Νάνοτεχνολογίας



Dyesol Tile



Dyesol Tile (registered design)

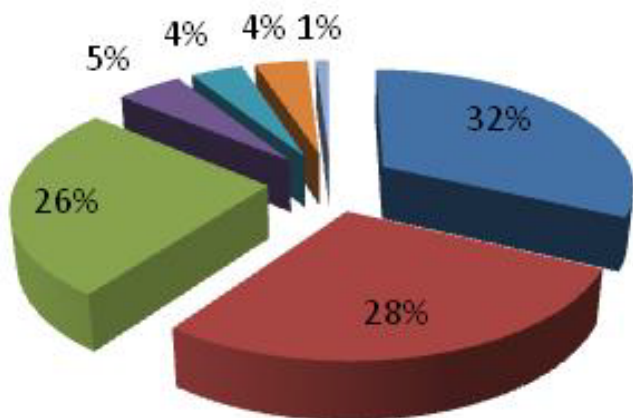


Dyesol BIPV Panel (registered design)

Μονωτικά υλικά

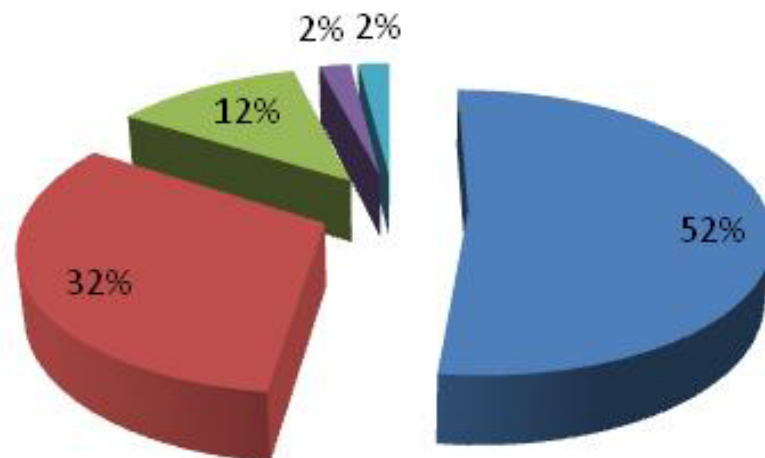
Ευρωπαϊκή αγορά

- Υαλοβάμβακας
- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Ξυλόμαλλο
- Άλλα
- Πετροβάμβακας
- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Πολυουρεθάνη



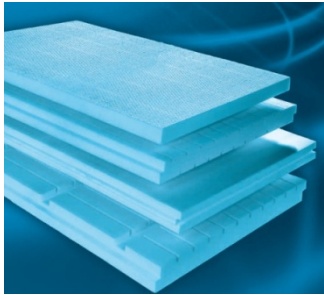
Ελληνική αγορά

- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Πετροβάμβακας
- Ξυλόμαλλο
- Υαλοβάμβακας



Αφρώδη οργανικά μονωτικά υλικά

Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS)



Τιμή λ : 0,035 W/mK

Κόστος:

5cm, ~ 6-7 €/m²

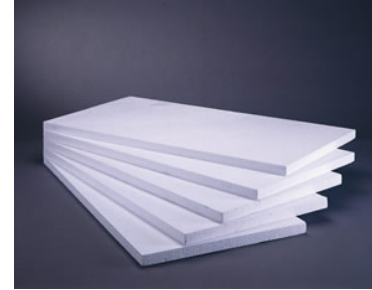
10cm, ~ 13 €/m²

Πυκνότητα: 30 kg/m³

Ενσ. Ενέργεια: 95 MJ/Kg

- ✓ Σχεδόν μηδενική απορροφητικότητα σε υγρασία
- ✓ Πολύ μεγάλη αντοχή σε συμπίεση
- ✓ Δεν προσβάλλεται από μύκητες και βακτήρια

Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS)



Τιμή λ : 0,035 W/mK

Κόστος:

5cm, ~ 5 €/m²

10cm, ~ 7-8 €/m²

Πυκνότητα: 15-35 kg/m³

Ενσ. Ενέργεια: 108 MJ/Kg

- ✓ Μεγαλύτερη ελαστικότητα.
- ✓ Καλύτερη διαστατική σταθερότητα
- ✓ Μικρότερο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών,
- ✓ Φθηνότερη κατά 25-30% της εξηλασμένης

Ινώδη μονωτικά υλικά

Πετροβάμβακας



Τιμή λ: 0,035 W/mK

Κόστος:

4cm, ~ 1.5-2€/m²

Πυκνότητα: 24-40 kg/m³

Ενσ. Ενέργεια: 16MJ/Kg

- ✓ Μπορεί να ανακυκλωθεί
- ✓ Άκαυστο
- ✓ Αντοχή σε σήψη

Υαλοβάμβακας



Τιμή λ: 0,035 W/mK

Κόστος:

5cm, ~ 1-1.5 €/m²

Πυκνότητα: 16-24 kg/m³

Ενσ. Ενέργεια: 49MJ/Kg

- ✓ Προέρχεται από ανακυκλώμενα υλικά
- ✓ Επαναχρησιμοποιήσιμο
- ✓ Ελαφροβαρές

Άλλα μονωτικά υλικά

✓ Άκαμπτη πολυουρεθάνη

$\lambda = 0,022-0,028 \text{ W/mK}$, Ενσ. Ενέργεια: 101 MJ/kg

Ανακυκλώσιμη, η παραγωγή της σχετίζεται με εκπομπή επικίνδυνων αποβλήτων, η μονωτική ικανότητα μειώνεται με το χρόνο

✓ Μόνωση κυταρρίνης

$\lambda = 0,038 - 0,040 \text{ W/mK}$, Ενσ. Ενέργεια: 5-16 MJ/kg

Χαμηλής ενέργειας και κόστους. Προκειμένου να γίνει άκαυστη περιέχει ενώσεις βορίου και βιοκτόνα,

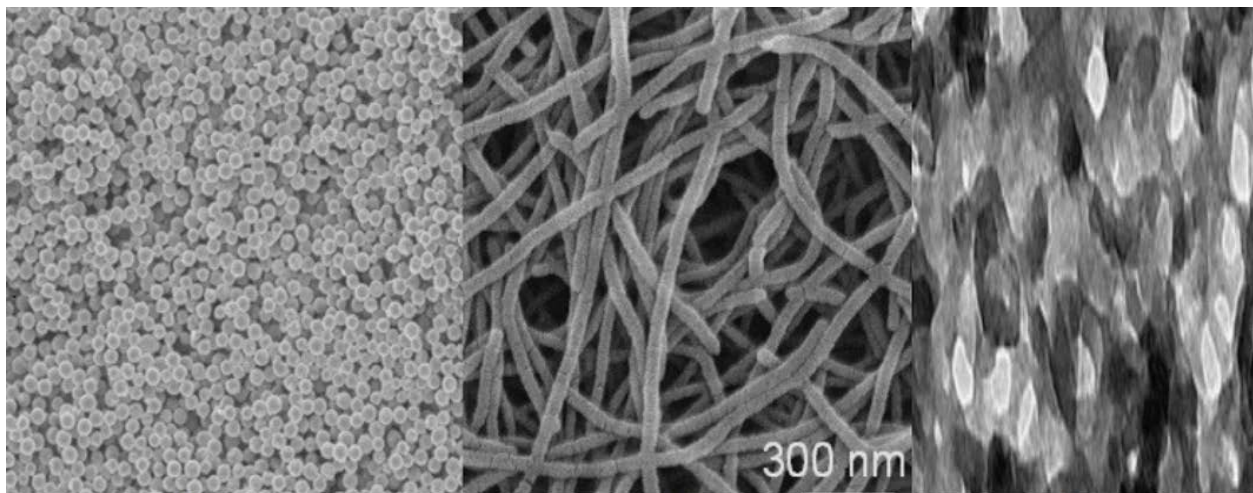
✓ Αφρώδης ύαλος

$\lambda = 0,037 - 0,048 \text{ W/mK}$, Ενσ. Ενέργεια: 26 MJ/kg

Προέρχεται από ανακυκλώσιμο γυαλί, μη διαπερατό από νερό και υδρατμούς, δύσκολα διαχειρίσιμο απόβλητο



Νανουλικά άνθρακα



(a)

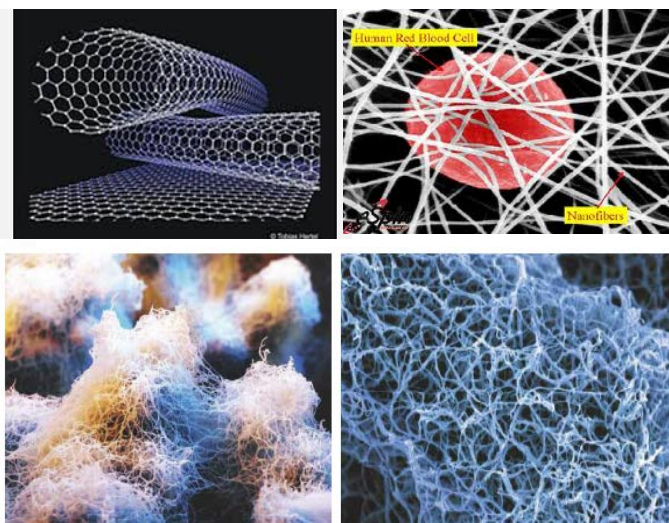
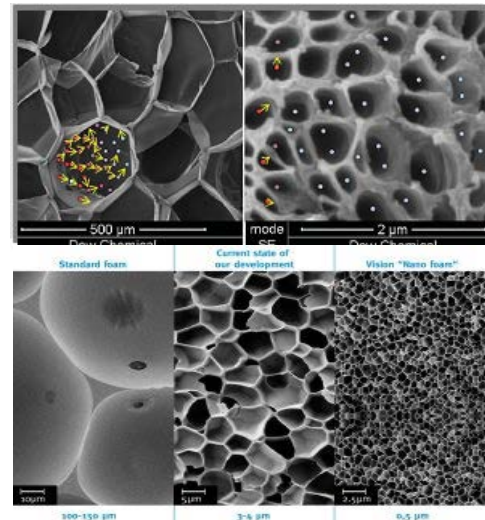
Νανოსωματίδια άνθρακα για ενίσχυση.

(b)

Νανοςωλήνες άνθρακα ως πρόσθετο αγωγιμότητας.

(c)

Σπόγγοι όπως ο άνθρακα για σύνδεση νερού και ιόνανταλλαγή

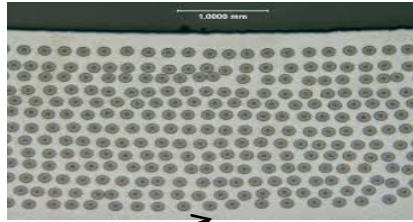
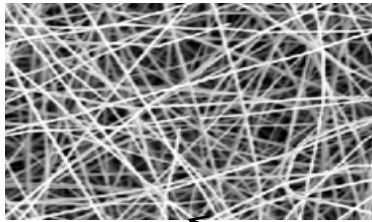
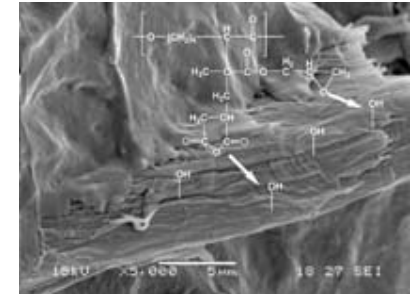
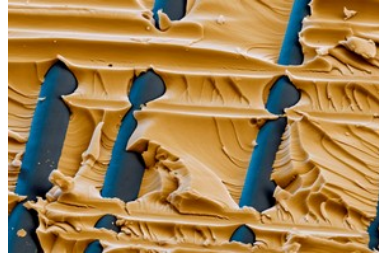


Αντίκτυπο:

- ✓ Μακροπρόθεσμη σταθερότητα
- ✓ Ανθεκτικό στους -40°C έως $+80^{\circ}\text{C}$,
- ✓ Αντικραδασμικές ιδιότητες
- ✓ Αντοχή στη θραύση
- ✓ Θερμικές και ακουστικές μονωτικές ιδιότητες
- ✓ Μείωση κατανάλωσης ψυκτικών υγρών & μείωση εκπομπών CO_2

Ενίσχυση μέσω νανοϊνών

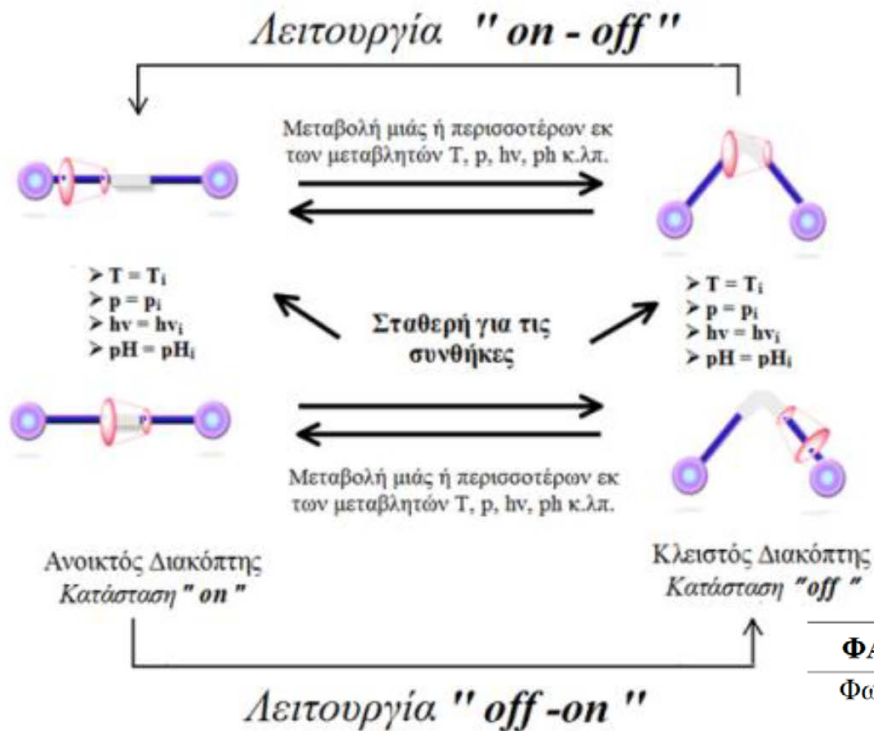
- Νανοϊνες Πολυμερικές
- Νάνοϊνες γυαλιού
- Νάνοϊνες άνθρακα



Αντίκτυπο:

- ✓ Μειωμένο Βάρος: μέχρι 30 % ελαφρύτερα από μεταλλικά μέρη με παρόμοιες θερμομηχανικές ιδιότητες
- ✓ Υψηλή δύναμη: ίνες γυαλιού/άνθρακα είναι ισχυρότερα από ατσάλι
- ✓ Ευελιξία μορφοποίησης
- ✓ Αντοχή στη διάβρωση: παρέχοντας μακροχρόνια αντοχή
- ✓ Ανθεκτικότητα: Σύνθετες δομές έχουν εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής
- ✓ Εξοικονόμηση κόστους

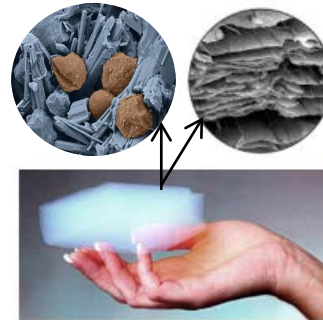
Λειτουργίες σε μοριακό επίπεδο



ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ
Φωτοχρωμισμός	Ακτινοβολία	Οπτικών φακών, οπτικά μέσα αποθήκευσης, μνήμες και διακόπτες, αισθητήρες
Θερμοχρωμισμός	Θερμότητα	Χρωστικές, δείκτες θερμοκρασίας και θερμομέτρα, την ασφάλεια και την καινοτομία εκτύπωσης
Ηλεκτροχρωμισμός	Ηλεκτρικό ρεύμα	Έξυπνα παράθυρα, καθρέπτες, οθόνες
Σολβατοχρωμισμός	Πολικότητα διαλυτών	Ανάλυση πολικότητας, αισθητήρες, παρακολούθηση των πολυμερών και του πολυμερισμού
Ιονοχρωμισμός	Ιόντα	Θερμικά χαρτιά φαξ, δείκτες, ανίχνευσης μεταλλικών ιόντων

Αεροπηκτώματα (aerogels)

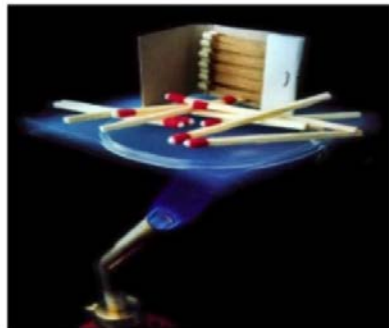
Υλικά με πολύ χαμηλή πυκνότητα, τα οποία παρασκευάζονται από πηκτώματα μέσω ξήρανσης του διαλύτη υπό υπερκρίσιμες συνθήκες. Τυπικό υλικό παρασκευής αεροπηκτωμάτων είναι το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και η παρασκευή τους στηρίζεται στη μέθοδο sol-gel.



(A) Low dense, & transparent

(B) High heat resistance

(C) Smoky blue colour of scattered light



(D) Low thermal conductivity



(E) High surface area, structurally strong

Αντίκτυπο:

- ✓ Αεροπηκτώματα παρέχουν προηγμένα χαρακτηριστικά θερμικής μόνωσης το οποίο οφείλεται στην εξαιρετικά πορώδη εσωτερική τους δομή
- ✓ Αποθήκευση και απελευθέρωση μεγάλων ποσών ενέργειας και εκμεταλλεύονται πάνω από το 50% της λανθάνουσας θερμότητας του συνόλου πάνελ
- ✓ Ακουστική μόνωση
- ✓ Αναμένεται να παρέχει υψηλούς χρόνους ζωής του προϊόντος εκτιμώμενος στα 50 χρόνια

Χρήσεις μόνωσης Αεροπηκτωμάτων

Τιμή λ : $< 0.02 \text{ W/mK}$

Κόστος: Εξαρτάται από τον τρόπο παρασκευής και τον τύπο

«Κουβέρτες» : $\sim 300 \text{ €/m}^2$

Σωματίδια: $\sim 35 \text{ €/L}$

Πάτωμα



Στέγη



Εξωτερική επένδυση



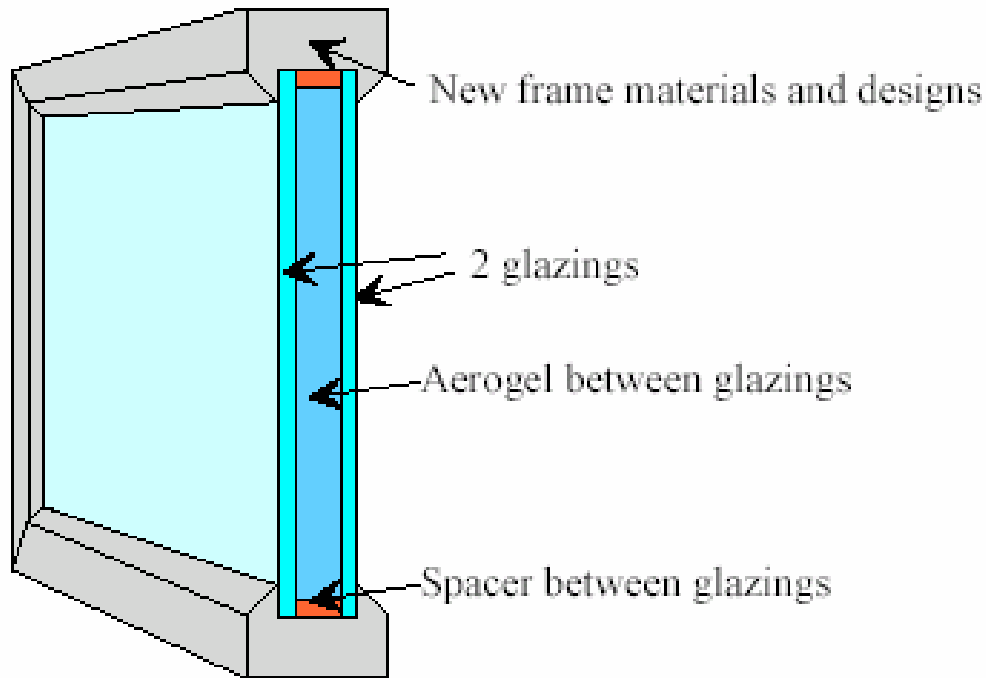
- ✓ Ευκολία εφαρμογής
- ✓ Περιορισμένο πάχος



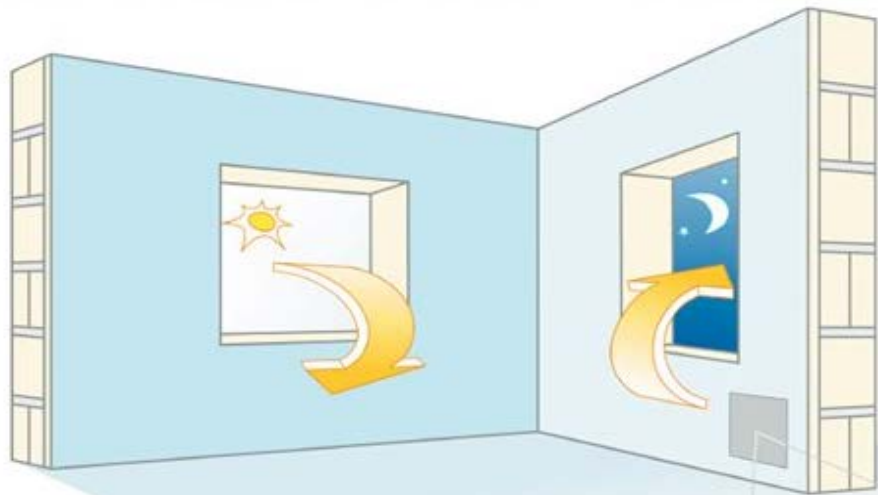
Κάλυψη θερμογέφυρων

Χρήσεις μόνωσης Αεροπηκτωμάτων

Μονωτικά τζάμια

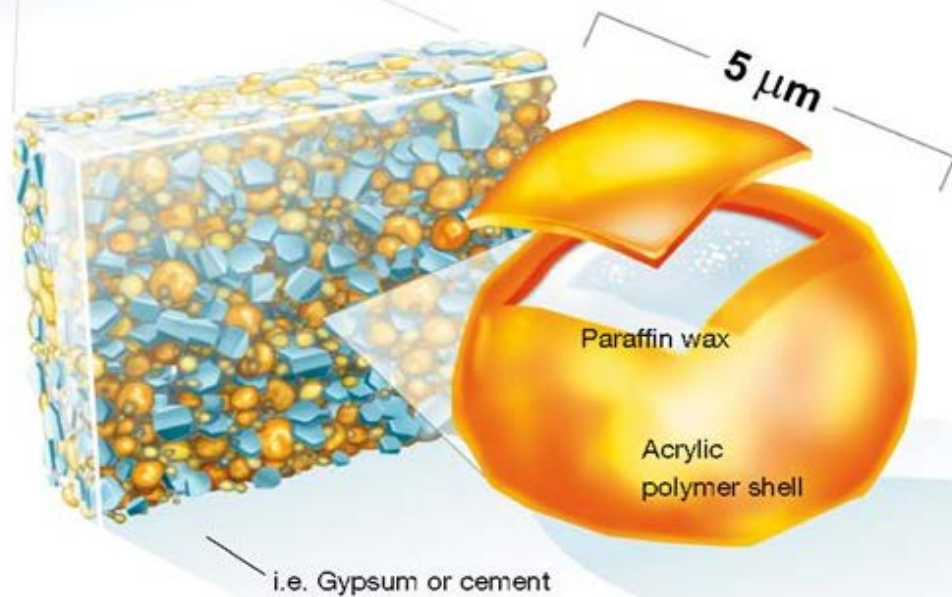


Υλικά αλλαγής φάσης, Νάνο PCM



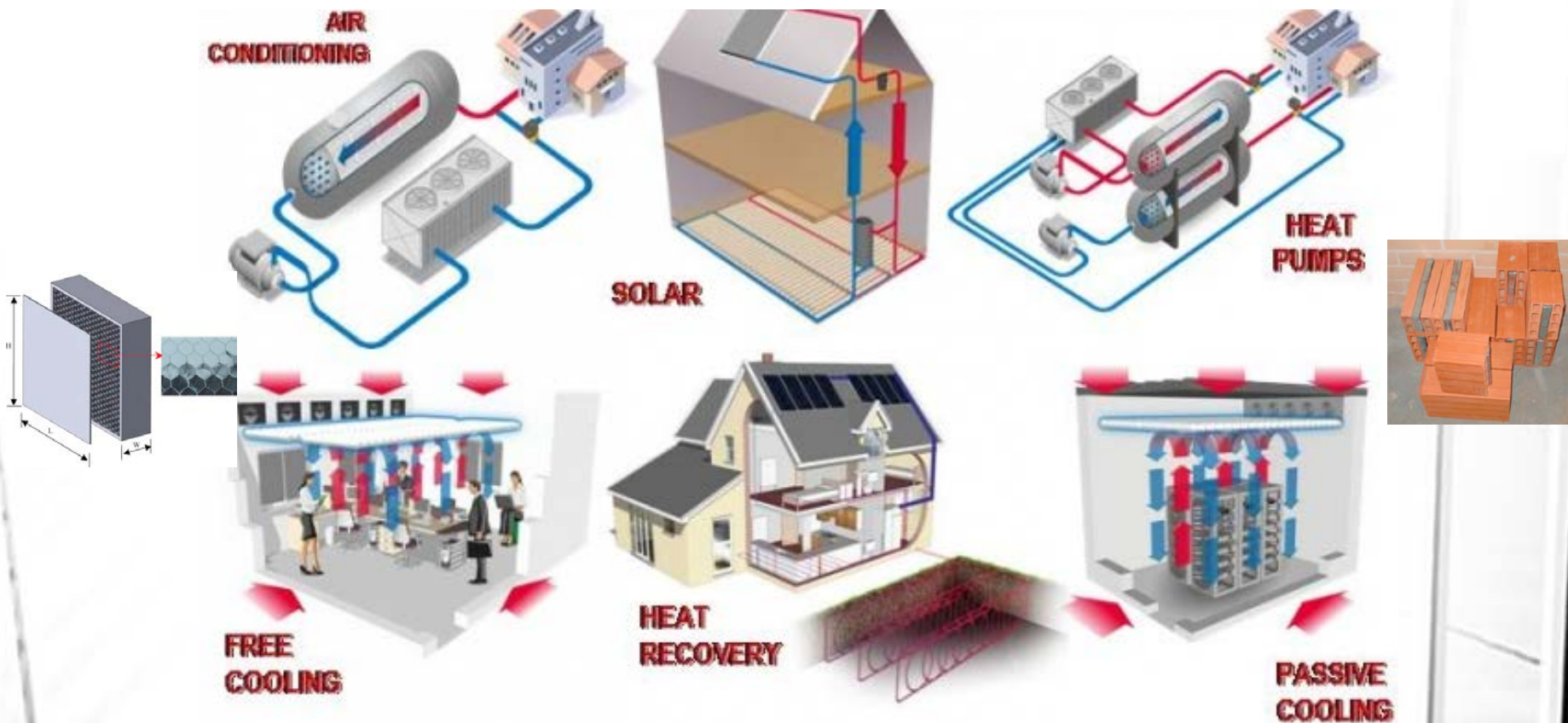
- ❖ Η ηλιακή ενέργεια στο σπίτι θερμαίνει τα δωμάτια. Από περίπου 26° και μετά, τα νανο εγκλεισμένα PCM αρχίζουν να τήκονται και να απορροφούν την περίσσεια θερμότητας
- ❖ Όταν η θερμοκρασία πέφτει κατά τη διάρκεια της νύχτας τα PCM στερεοποιούνται. Η θερμότητα που απελευθερώνεται στη συνέχεια μπορεί να απελευθερωθεί με εξαερισμό

- ❖ PCMs μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε τυποποιημένα δομικά υλικά όπως γύψο, τσιμέντο και ίνες ξύλου
- ❖ Ενθυλακωμένο σε ακρυλικό πολυμερικό κέλυφος υψηλής αντοχής, ο κηρός εξακολουθεί να διατηρεί τη θερμική του ρυθμιστική λειτουργία ακόμα και μετά από αρκετές δεκαετίες



Υλικά αλλαγής φάσης, Νάνο PCM

Μονάδες αποθήκευσης θερμικής ενέργειας (TES) και εφαρμογές στο κτίριο

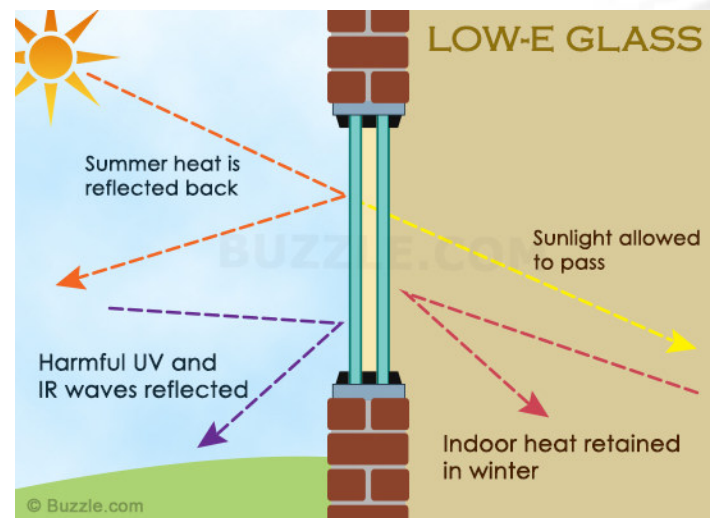


Κέλυφος, δάπεδο, τοίχοι, εξωτερικές ηλιακές προσόψεις, ψευδοροφές, σύστημα εξαερισμού, HVAC, φωτοβολταϊκά συστήματα και δεξαμενές νερού

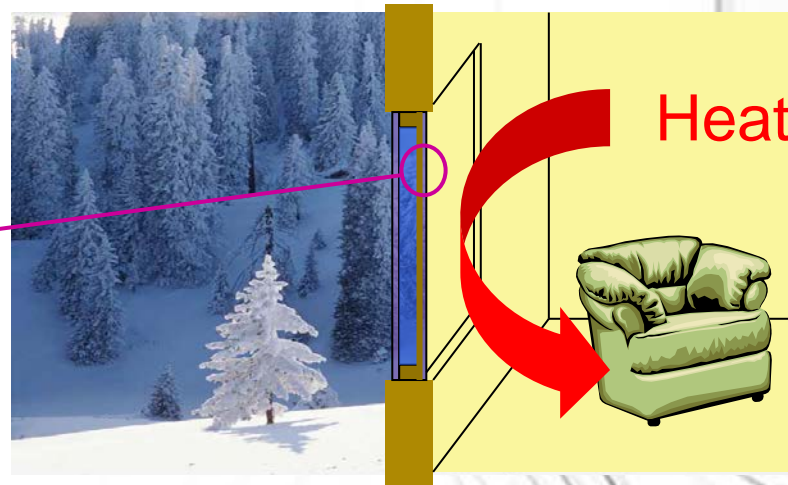
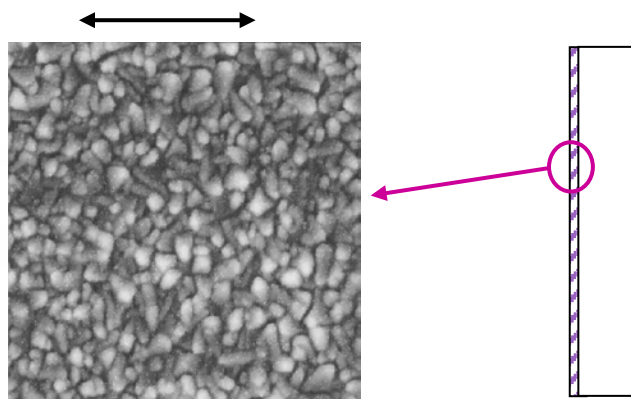
Τζάμια χαμηλής εκπομπής – Αρχή λειτουργίας

Επικαλύψεις χαμηλής εκπομπής

- ✓ Διαπερατές νανο-επικαλύψεις οι οποίες ανακλούν την υπέρυθρη ακτινοβολία
- ✓ Μειώνουν την απώλεια ενέργειας/θερμότητας από ακτινοβολία
- ✓ Χαμηλός συντελεστής εκπομπής \rightarrow χαμηλή τιμή $U \rightarrow$ υψηλή τιμή R

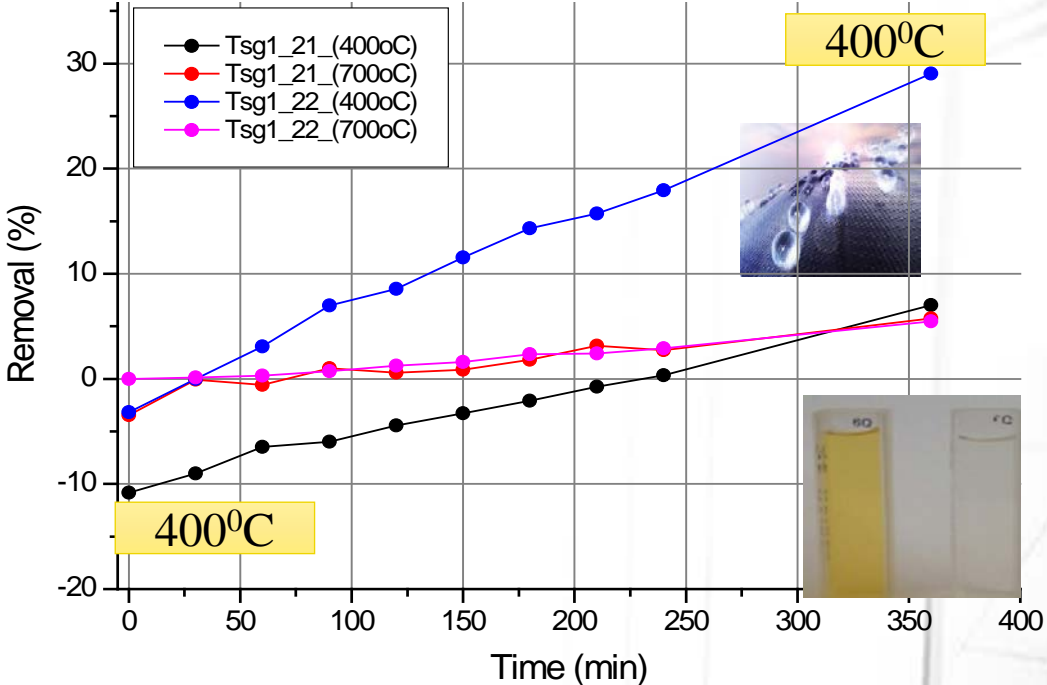
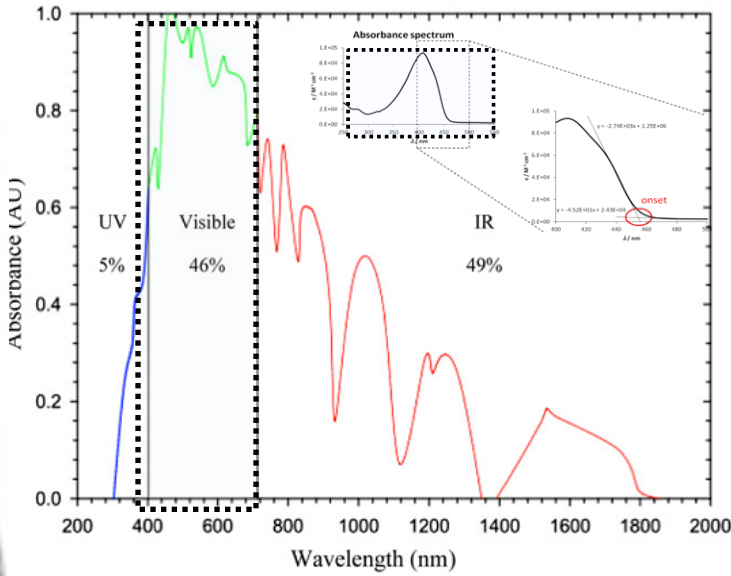


500 nm = 0.0000005 m



Φωτοκαταλυτική νάνοτιτανία

- Ενισχυμένα νάνο-σωματίδια TiO_2
- Χρώμα
- Ψεκασμό



Αντίκτυπο:

- ✓ Υψηλή αισθητική
- ✓ Φώτο-καταλυτικές ιδιότητες
- ✓ Φώτο-επαγόμενο χαρακτήρα αυτό-καθαρισμού
- ✓ Αποικοδόμηση ρύπων της ατμόσφαιρας

Φωτοκαταλυτικής τιτανίας



Μελλοντικές προοπτικές

- ✓ Ελλείψεις στην τεχνολογία τους
- ✓ Σχετικά υψηλό κόστος τους
- ✓ Καινοτομία σε μεθόδους
- ✓ Η περιορισμένη πληροφόρηση για τις εφαρμογές τους
- ✓ Ο γεωγραφικός τους περιορισμός (θερμά κλίματα)

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

