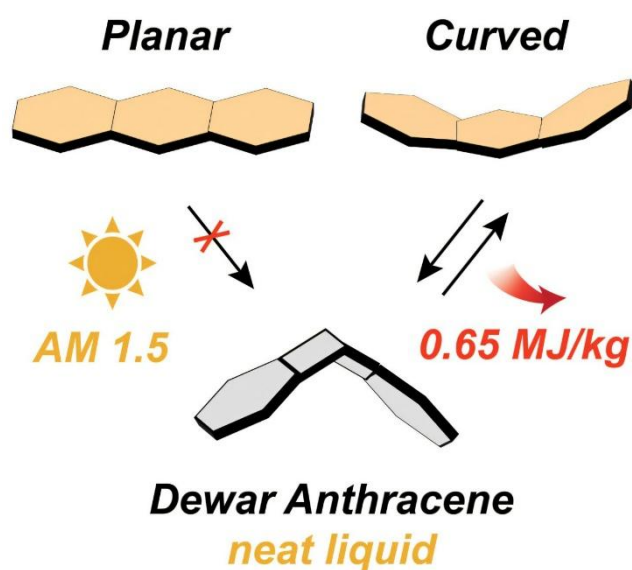


Καμπυλωμένα μόρια αποθηκεύουν την ηλιακή ενέργεια και την απελευθερώνουν ως θερμότητα κατά απαίτηση

Δρ Σπύρος Κιτσινέλης

Μια νέα κατηγορία οργανικών μορίων με καμπυλωμένη δομή, τα οποία απορροφούν το ηλιακό φως, αποθηκεύουν την ενέργεια και την απελευθερώνουν με τη μορφή θερμότητας όταν χρειαστεί, φέρνει επανάσταση στην τεχνολογία θερμικής αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας.

Σε πρόσφατη μελέτη που δημοσιεύθηκε στο επιστημονικό περιοδικό *Chem*, ερευνητές παρουσίασαν παράγωγα ανθρακενίου – οργανικά μόρια που βρίσκονται στην πίσσα άνθρακα – τα οποία μεταβάλλονται δομικά όταν απορροφούν φως και, όταν πυροδοτηθεί η επιστροφή τους στην αρχική δομή, απελευθερώνουν την αποθηκευμένη ενέργεια με τη μορφή θερμότητας.



Τα εν λόγω συστήματα, προερχόμενα από παραπροϊόντα της βιομηχανίας ορυκτών καυσίμων, παρουσίασαν υψηλές πυκνότητες αποθήκευσης ενέργειας, προσφέροντας μια πολλά υποσχόμενη, χωρίς διαλύτες, εναλλακτική λύση στα παραδοσιακά συστήματα θερμικής αποθήκευσης. Η τεχνολογία Μοριακής Θερμικής Αποθήκευσης Ηλιακής Ενέργειας (MOST – *Molecular Solar Thermal*) βασίζεται στην αποθήκευση ενέργειας σε χημικούς δεσμούς. Χρησιμοποιεί φωτοευαίσθητα μόρια που, όταν εκτεθούν στο φως, μετατρέπονται αναστρέψιμα σε ισομερείς δομές με υψηλή ενέργεια, μέσα από μια αντίδραση γνωστή ως ισομερίωση Dewar. Κατά την επιστροφή στην αρχική τους μορφή, αυτά τα μόρια απελευθερώνουν την αποθηκευμένη ενέργεια ως θερμότητα.

Το βασικό πλεονέκτημα των MOST συστημάτων είναι ότι μπορούν να αποθηκεύσουν την ενέργεια για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να την απελευθερώσουν όταν χρειαστεί, με τη χρήση θερμότητας, φωτός συγκεκριμένου μήκους κύματος ή καταλύτη. Ωστόσο, τα υπάρχοντα συστήματα παρουσιάζουν σοβαρούς περιορισμούς. Συνήθως απορροφούν μόνο υπεριώδες φως, αγνοώντας το μεγαλύτερο μέρος του ηλιακού φάσματος – δηλαδή το ορατό φως. Επιπλέον, συχνά απαιτούν οργανικούς διαλύτες, κάτι που μειώνει την ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα μάζας.

Οι ερευνητές, για να ξεπεράσουν αυτούς τους περιορισμούς, σχεδίασαν νέες ενώσεις ανθρακενίου με καμπυλωμένη δομή. Το ανθρακένιο είναι ένα οργανικό μόριο που αποτελείται από τρεις γραμμικά συνδεδεμένους βενζολικούς δακτυλίου. Για να αποφύγουν τη φυσική του τάση να σχηματίζει διμερή αντί για ισομερή, πρόσθεσαν διαφορετικές ογκώδεις ομάδες στη θέση 9 του μορίου. Αυτό ανάγκασε το μόριο να αποκτήσει καμπυλωμένη δομή και να συμμετέχει σε αναστρέψιμη ισομερίωση Dewar.

Τα νέα συστήματα αποδείχτηκαν ιδιαίτερα αποτελεσματικά: απορροφούσαν ορατό φως και αποθήκευαν μεγάλες ποσότητες ενέργειας χωρίς τη χρήση διαλύτη. Η ενεργειακή πυκνότητα έφτασε τα 170 kJ/mol και 0,65 MJ/kg – τιμές συγκρίσιμες με άλλες δημοφιλείς τεχνολογίες αποθήκευσης. Ακόμη πιο εντυπωσιακή ήταν η κυκλικότητα των συστημάτων: σε πειράματα, ένα από τα μόρια υπέστη 28 κύκλους φωτοϊσομερίωσης και θερμικής επαναφοράς με ελάχιστη υποβάθμιση. Όλα τα συστήματα μπορούσαν να επαναφορτιστούν με προσομοιωμένο ηλιακό φως εντός 6–8 ωρών.

Η ερευνητική ομάδα τονίζει πως αυτή η μελέτη αποδεικνύει ότι πλήρως ανθρακικά οργανικά συστήματα μπορούν να αποθηκεύσουν σημαντικές ποσότητες ηλιακής ενέργειας. Το επίτευγμα αυτό αποτελεί σημαντικό βήμα προς πρακτικές και κλιμακώσιμες εφαρμογές αποθήκευσης ηλιακής θερμότητας – ειδικά σε περιοχές με έντονη ηλιοφάνεια όπως η Μεσόγειος. Η δυνατότητα αποθήκευσης και ελεγχόμενης απελευθέρωσης ηλιακής ενέργειας χωρίς χρήση διαλυτών, με χαμηλό κόστος και υψηλή αποδοτικότητα, καθιστά τα καμπυλωμένα μόρια ανθρακενίου ιδιαίτερα ελκυστικά για την επόμενη γενιά πράσινων τεχνολογιών.

Πηγές

1. Mondal, S., Lock, L., & Zinin, A. (2025). *Curved molecules store sunlight as chemical energy and release heat on demand*. Phys.org.
<https://phys.org/news/2025-06-curved-molecules-sunlight-chemical-energy.html>
2. *Energy storage and release via reversible Dewar isomerization in curved anthracenes*. Chem, 2025.
DOI: 10.1016/j.chempr.2025.102660

