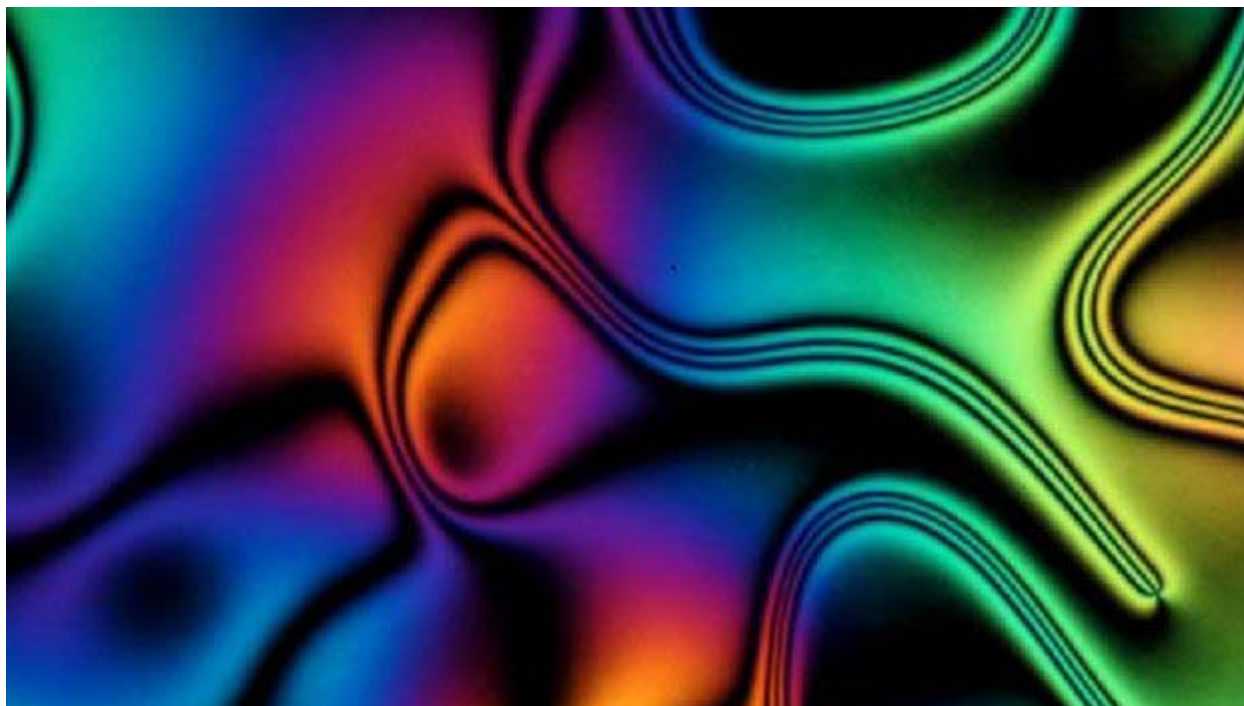


Εισβολή υγρών κρυστάλλων!

Η παρατηρητικότητα ενός βοτανολόγου και η μεθοδικότητα ενός φυσικού οδήγησαν, ύστερα από 100 χρόνια, στη μεγάλη επανάσταση της επίπεδης οθόνης της τηλεόρασης, των υπολογιστών και των κινητών τηλεφώνων

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ: 23/03/2013 05:45

Του κ. Χάρη Βάρβογλη καθηγητή τ ου Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ



Χωρίς ειδική επεξεργασία η κατεύθυνση των μορίων στους υγρούς κρυστάλλους διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, γεγονός που δημιουργεί όμορφες εικόνες όταν τους παρατηρούμε με ένα πολωτικό μικροσκόπιο

Στα τέλη του 19ου αιώνα ένας αυστριακός βοτανολόγος, ο Φρειδερίκος Ράινιτσερ, απομόνωσε από τον χυμό του καρότου μια χημική ένωση, τον βενζοϊκό εστέρα της χοληστερόλης, με παράξενες ιδιότητες. Το πιο χαρακτηριστικό ήταν ότι, ενώ όλες οι καθαρές χημικές ενώσεις έχουν *μία* θερμοκρασία τήξης, αυτή είχε *δύο*. Συγκεκριμένα έλιωνε στους 154 βαθμούς Κελσίου, σχηματίζοντας ένα θολό ρευστό, το οποίο στη συνέχεια γινόταν διαυγές στους 178,5 βαθμούς. Για την ανακάλυψή του αυτή ενημέρωσε τον γερμανό φυσικό Οτο Λέμαν, ο οποίος διεπίστωσε ότι στην ενδιάμεση περιοχή θερμοκρασιών η ένωση αυτή έχει ιδιότητες τόσο υγρού (ρέει από ένα δοχείο σε ένα άλλο) όσο και στερεού (η διάταξη των μορίων της παρουσιάζει τάξη). Ο Λέμαν αντιλήφθηκε ότι σε αυτή την περιοχή θερμοκρασιών η συγκεκριμένη ουσία βρισκόταν σε μια νέα κατάσταση της ύλης, άγνωστη ως τότε, και, για να περιγράψει τις αντιφατικές ιδιότητές της, δημιούργησε το οξύμωρο σχήμα *υγρός κρύσταλλος*. Ωστόσο κανείς από αυτούς τους δύο επιστήμονες δεν μπορούσε να φανταστεί ότι έλειπα από 100

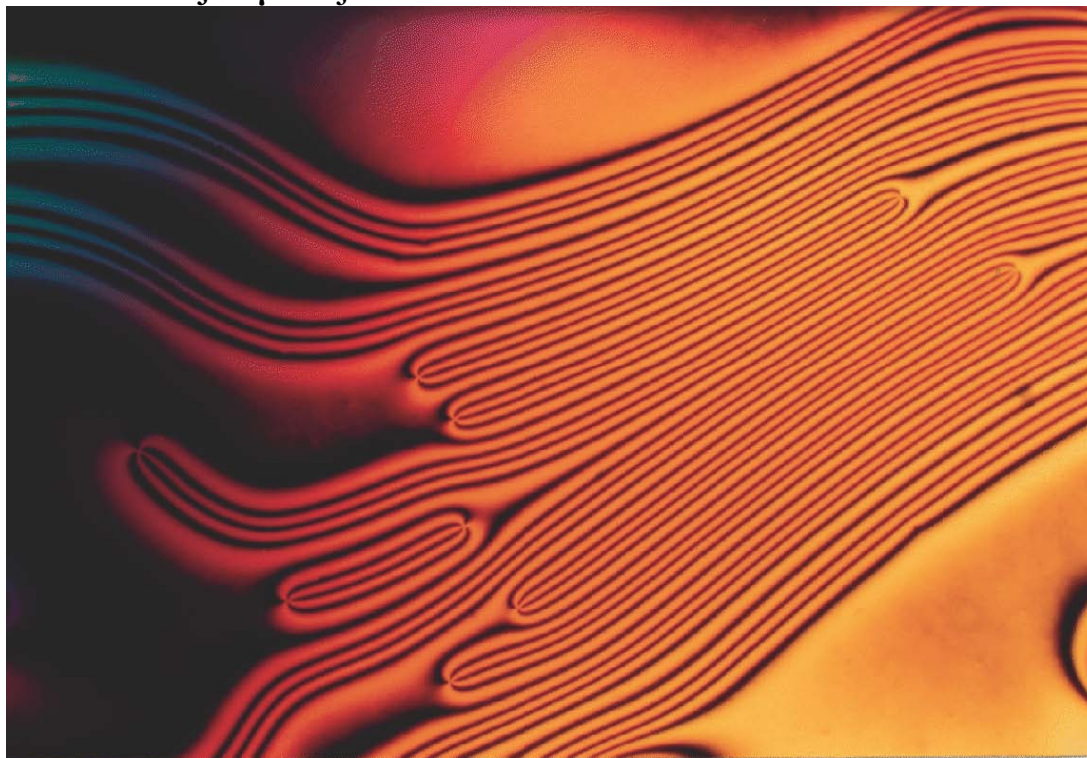
χρόνια η νέα αυτή κατάσταση της ύλης θα ήταν ένα από τα βασικά στοιχεία του τεχνολογικού πολιτισμού μας, αφού σε αυτήν βασίζονται οι περισσότερες από τις οθόνες τηλεοράσεων, ηλεκτρονικών υπολογιστών και κινητών τηλεφώνων.

Η ανακάλυψη των Ράινιτσερ και Λέμαν για τις παράδοξες ιδιότητες του βενζοϊκού εστέρα της χοληστερόλης παρέμεινε ως επιστημονικό αξιοπερίεργο ως τη δεκαετία του 1960. Τότε η ανάγκη κατασκευής ανθεκτικών οργάνων πλοήγησης στα πολεμικά αεροπλάνα της εποχής οδήγησε τους επιστήμονες να αναζητήσουν άλλους τρόπους προβολής πληροφοριών, πέρα από τους κλασικούς σωλήνες καθοδικών ακτίνων των παλιών τηλεοράσεων. Οι ιδιότητες των υγρών κρυστάλλων θεωρήθηκαν ως μια πολλά υποσχόμενη νέα τεχνολογία, και η εντατική έρευνα γύρω από αυτή την ασυνήθιστη κατάσταση της ύλης οδήγησε στη σύνθεση νέων υλικών και, τελικά, στην κατασκευή του είδους της επίπεδης οθόνης που τόσο έχει μπει στην καθημερινή ζωή μας.

Η ενδιάμεση κατάσταση

Οι περισσότεροι υγροί κρύσταλλοι αποτελούνται από επιμήκη οργανικά μόρια, τα οποία τους δίνουν τις ειδικές ιδιότητες που χρησιμοποιούμε στις οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD). Σε χαμηλές θερμοκρασίες οι ουσίες αυτές είναι στερεές και δεν έχουν κανένα τεχνολογικό ενδιαφέρον. Σε υψηλές θερμοκρασίες είναι συνηθισμένα ρευστά, οπότε και πάλι δεν έχουν κάτι ξεχωριστό. Σε μια ενδιάμεση όμως περιοχή θερμοκρασιών τα μόρια τείνουν να διαταχθούν παράλληλα το ένα με το άλλο, δηλαδή να έχουν την ίδια κατεύθυνση. Αυτή είναι μια ιδιότητα που χαρακτηρίζει τα κρυσταλλικά στερεά, από την οποία πήρε και ο Λέμαν την ιδέα για το όνομα που έδωσε στα υλικά που έχουν αυτή την ιδιότητα. Είναι υγρά, επειδή ρέουν από ένα δοχείο σε ένα άλλο, αλλά έχουν και κάποια τάξη στη δομή τους, επειδή έχουν άλλες ιδιότητες προς την κατεύθυνση της διάταξης των μορίων και άλλες προς την κατεύθυνση που είναι κάθετη στη διάταξη. Γρήγορα διαπιστώθηκε ότι πολλές βιολογικές χημικές ενώσεις είναι στην πραγματικότητα υγροί κρύσταλλοι.

Κάν' το όπως το μετάξι



Σημειακές ατέλειες σε έναν υγρό κρύσταλλο δημιουργούν διαχωριστικές γραμμές μεταξύ περιοχών με διαφορετικό προσανατολισμό

Κλασικό παράδειγμα βιολογικού υγρού κρυστάλλου είναι η παχύρρευστη πρωτεΐνη που παράγουν η αράχνη και ο μεταξοσκώληκας, η οποία μετατρέπεται σε μετάξι όταν στερεοποιηθεί ερχόμενη σε επαφή με τον αέρα. Η εξαιρετική αντοχή του μεταξινού νήματος και του ιστού της αράχνης οφείλεται σε αυτήν ακριβώς την ιδιότητα της παράλληλης διάταξης των μορίων της ρευστής πρωτεΐνης. Αλλά στην τεχνολογική εφαρμογή που χρησιμοποιούνται σήμερα αυτές οι ουσίες, δηλαδή στις οθόνες υγρών κρυστάλλων, δεν είναι η μηχανική αντοχή τους που μας ενδιαφέρει αλλά οι οπτικές τους ιδιότητες. Διαπιστώθηκε ότι αυτές αλλάζουν αν στο δοχείο που περιέχει έναν υγρό κρύσταλλο εφαρμόσουμε ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο. Σε μια τέτοια διάταξη οι υγροί κρύσταλλοι έχουν τις οπτικές ιδιότητες στερεών κρυστάλλων με έναν μόνο άξονα συμμετρίας, και αυτή είναι η ιδιότητα που χρησιμοποιούμε στην κατασκευή των οθονών LCD. Η σημασία της μελέτης των ιδιοτήτων των υγρών κρυστάλλων αναγνωρίστηκε γρήγορα από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα, και το βραβείο Νομπέλ Φυσικής του 1991 απενεμήθη στον γάλλο φυσικό Πιερ-Ζυλ ντε Ζεν ακριβώς για το έργο του σε αυτόν τον κλάδο της Φυσικής.

Τα μυστικά μιας οθόνης

Μια οθόνη υγρών κρυστάλλων αποτελείται από ένα πολύ λεπτό στρώμα υγρού κρυστάλλου, με πάχος μόλις ένα εκατοστό του χιλιοστού, που περιέχεται μεταξύ δύο διαφανών ηλεκτροδίων από οξειδία του ίνδιου και του κασσίτερου. Η διάταξη αυτή περιβάλλεται από δύο πολωτικά φίλτρα, που είναι διατεταγμένα

κάθετα το ένα στο άλλο. Με αυτόν τον προσανατολισμό των φίλτρων το φως δεν θα μπορούσε να περάσει από τη διάταξη, αν δεν υπήρχε το στρώμα του υγρού κρυστάλλου. Αρχικά τα μόρια του υγρού κρυστάλλου είναι έτσι διατεταγμένα ώστε να είναι «στριμμένα» κατά 90 μοίρες μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Όταν δεν υπάρχει τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων το φως που προσπίπτει στη μία πλευρά του «σάντουιτς» πολώνεται και εισέρχεται στον υγρό κρύσταλλο. Εκεί, εξαιτίας της συστραμμένης μορφής των μορίων, αλλάζει η πόλωσή του και έτσι αυτό μπορεί να περάσει από την πίσω πλευρά του σάντουιτς, ώστε ο υγρός κρύσταλλος να φαίνεται φωτεινός (συνήθως γκριζοπράσινος στις μονόχρωμες οθόνες). Όταν εφαρμοστεί τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων, τα μόρια του υγρού κρυστάλλου «ξεδιπλώνονται» και το φως που περνάει από αυτόν δεν αλλάζει πόλωση. Έτσι δεν μπορεί να περάσει από το δεύτερο πολωτικό φίλτρο, που είναι κάθετο στο πρώτο, και ο υγρός κρύσταλλος φαίνεται σκοτεινός. Για τις έγχρωμες οθόνες χρησιμοποιούμε τρεις ομάδες υγρών κρυστάλλων, με μπλε, πράσινα και κόκκινα φίλτρα.

Λαμπτήρας φθορισμού ή LED

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ο υγρός κρύσταλλος δεν εκπέμπει δικό του φως. Άρα είτε θα πρέπει να τον φωτίζουμε από την εμπρός πλευρά και να έχουμε τοποθετήσει ένα κάτοπτρο από την πίσω, είτε να έχουμε μια πηγή φωτός από την πίσω πλευρά. Η πρώτη λύση χρησιμοποιείται στις φθηνότερες κατασκευές, όπως π.χ. είναι τα ηλεκτρονικά ρολόγια και οι αριθμομηχανές. Σε αυτές τις συσκευές τα γράμματα, οι αριθμοί και τα σύμβολα φαίνονται μαύρα σε γκριζοπράσινο φόντο. Η δεύτερη χρησιμοποιείται στις ακριβότερες κατασκευές, όπως π.χ. στις οθόνες των τηλεοράσεων. Στην περίπτωση αυτή έχει σημασία τι είδους φωτεινή πηγή χρησιμοποιούμε. Μπορεί να είναι μια κοινή λάμπα φθορισμού ή μια πηγή LED. Και οι δύο λύσεις δίνουν καλά αποτελέσματα, αλλά ο φωτισμός με LED έχει μικρότερη κατανάλωση και, άρα, είναι πιο οικονομικός αν χρησιμοποιούμε την οθόνη του υπολογιστή ή της τηλεόρασης για πολλές ώρες.