

ΟΙ 4 ΤΡΟΠΟΙ ΠΟΥ ΟΙ ΑΝΘΡΩΠΟΙ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΦΩΣ

ΒΓΕΙΤΕ ΕΞΩ ΜΙΑ φωτεινή και ηλιόλουστη μέρα. Ρίξτε μια ματιά σε ένα λουλούδι ή ένα δέντρο. Μπορείτε να δείτε αυτό το λουλούδι επειδή το φως από τον ήλιο ταξιδεύει μέχρι το λουλούδι. Όταν το φως αντανακλάται από το λουλούδι, τότε ταξιδεύει στο μάτι σας και μπορείτε να δείτε το λουλούδι. Αφαιρέστε το φως από τον ήλιο και απλά θα δείτε το μαύρο. Ακόμη και τη νύχτα οι άνθρωποι μπορούν να δουν πράγματα --- αλλά πρέπει να υπάρχει κάποιο είδος φωτός που αντανακλάται από τα αντικείμενα για να δει. Το ηλιακό φως που αντανακλάται από την επιφάνεια του φεγγαριού παρέχει μια εκπληκτική ποσότητα φωτός για τις περισσότερες υπαίθριες δραστηριότητες τη νύχτα.

Εάν μπείτε μέσα σε ένα κτίριο τη νύχτα, μπορεί να μην μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το φως του φεγγαριού. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεστε κάποια τεχνητή πηγή φωτός για να δείτε. Επειδή αυτό είναι το Διεθνές Έτος Φωτός, επιτρέψτε μου να εξετάσω τις τέσσερις κοινές μεθόδους για τη δημιουργία τεχνητού φωτός μαζί με τη βασική φυσική που τις κάνει να λειτουργούν.

Φωτιά / Κερί

Ίσως πιστεύετε ότι η φωτιά είναι η πιο απλή από όλες τις πηγές φωτισμού. Ναι, είναι απλό στη δημιουργία και απλό στον έλεγχο. Ωστόσο, δεν είναι τόσο απλό να εξηγηθεί. Μεγάλο μέρος της οργανικής ύλης που βλέπουμε (όπως το ξύλο, ο άνθρακας και το πετρέλαιο) περιέχει άνθρακα που είναι συνδεδεμένος με άλλα μόρια. Αποδεικνύεται ότι αυτός ο άνθρακας μπορεί επίσης να δημιουργήσει πολύ ισχυρούς χημικούς δεσμούς με το οξυγόνο για να σχηματίσει διοξείδιο του άνθρακα. Αν και χρειάζεται λίγη ενέργεια για να τραβήξει έναν άνθρακα μακριά από τους άλλους δεσμούς του, ο σχηματισμός διοξειδίου του άνθρακα παράγει επίσης επιπλέον ενέργεια. Και αυτή είναι η βασική ιδέα πίσω από τη φωτιά. Με λίγη αρχική ενέργεια, μπορείτε να μετατρέψετε τον οργανικό άνθρακα και το οξυγόνο σε διοξείδιο του άνθρακα.

Από πού προέρχεται το φως; Στη διαδικασία καύσης, παράγεται κάτι άλλο εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα. Ονομάζεται γενικά αιθάλη --- αλλά είναι βασικά άκαυστα κομμάτια υλικού. Αυτό το επιπλέον υλικό παγιδεύεται μαζί με τον ζεστό αέρα και ανεβαίνει πάνω από την περιοχή καύσης. Δεδομένου ότι η αιθάλη είναι καυτή, παράγει φως στο ορατό φάσμα ακριβώς όπως ένα νήμα λαμπτήρα ή ένα ζεστό μάτι της εστίας.

Είναι η φωτιά πιο αποτελεσματική από έναν λαμπτήρα πυρακτώσεως; Λοιπόν, είναι δύσκολο να συγκρίνουμε τις δύο μεθόδους φωτισμού. Το ένα λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια και το άλλο λειτουργεί με υλικό με βάση τον άνθρακα (χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα). Φυσικά η φωτιά εξακολουθεί να παράγει πολλή θερμότητα που μπορεί να είναι καλό ή να μην είναι καλό (ανάλογα με το τι τη χρησιμοποιείτε). Το άλλο ζήτημα με τη φωτιά είναι ότι παράγει διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο δεν είναι πραγματικά καλό να έχουμε πάρα πολύ. Ω, μερικές φορές η φωτιά ζεσταίνει άλλα πράγματα τόσο πολύ που αρχίζουν επίσης να αλληλεπιδρούν με το οξυγόνο. Μερικές φορές αυτά τα άλλα φλέγοντα πράγματα είναι σημαντικά πράγματα όπως το σπίτι σας. Άρα γενικά, η φωτιά είναι ωραία, αλλά μπορούμε να τα καταφέρουμε καλύτερα.

Λαμπτήρας πυρακτώσεως

Το φως πυρακτώσεως μπορεί να φαίνεται σαν το πιο απλό φως για εξήγηση. Εάν εξετάσετε ένα προσεκτικά, μπορείτε να δείτε ότι δεν υπάρχουν πολλά για να το δείτε. Βασικά, είναι απλώς ένα σύρμα μέσα σε ένα γυάλινο δοχείο. Εάν θέλετε να γίνετε λίγο πιο περίπλοκοι, μέσα στη γυάλινη λάμπα υπάρχουν δύο καλώδια που υποστηρίζουν ένα πολύ πιο μικροσκοπικό σύρμα μεταξύ τους --- το μικροσκοπικό σύρμα ονομάζεται νήμα.

Εδώ είναι η βασική αρχή λειτουργίας. Όταν περνάτε ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από ένα καλώδιο, ζεσταίνεται. Το νήμα είναι απλώς ένα σύρμα που ζεσταίνεται τόσο πολύ που λάμπει. Είναι τόσο απλό. Αλλά τότε, γιατί το ποτήρι; Ο γυάλινος λαμπτήρας εξυπηρετεί μια κύρια λειτουργία --- κρατά τον αέρα έξω. Όταν ένα ζεστό νήμα έρθει σε επαφή με τον αέρα, θα καεί και θα λιώσει. Με ένα λιωμένο νήμα, δεν έχετε πλέον λαμπτήρα που λειτουργεί.

Αυτό φαίνεται σαν μια πλήρης εξήγηση, αλλά γιατί τα καυτά πράγματα παράγουν φως; Αποδεικνύεται ότι όλα τα στερεά παράγουν φως. Ναι είναι αλήθεια. Το μολύβι σας παράγει φως. Το μήλο στον πάγκο παράγει φως. Αυτά τα καθημερινά πράγματα παράγουν φως, αλλά παράγουν φως που δεν μπορείτε να δείτε --- φως με μήκη κύματος μεγαλύτερα από το μήκος κύματος του κόκκινου φωτός. Αυτό το φως το ονομάζουμε υπέρυθρο. Εάν πάρετε ένα αντικείμενο και αυξήσετε αργά τη θερμοκρασία του, θα παράγει διαφορετικό μήκος κύματος φωτός. Όταν ζεσταθεί αρκετά, το φως θα είναι στο ορατό εύρος.

Εδώ είναι ένα απλό πείραμα. Ανάψτε τη σόμπα στην κουζίνα σας, αλλά μην βάζετε κατσαρόλα. Πολύ σύντομα, το μάτι της σόμπας θα ζεσταθεί (μην το αγγίζετε). Καθώς η θερμοκρασία συνεχίζει να αυξάνεται, θα δείτε τελικά το μάτι να λάμπει κόκκινο. Αυτό ακριβώς συμβαίνει με το νήμα στη λάμπα. Είναι τόσο ζεστό που δεν λάμπει κόκκινο, αλλά κίτρινο-λευκό.

Τι γίνεται όμως με τα επίπεδα ενέργειας; Στις δύο προηγούμενες πηγές, το φως παρήχθη όταν ένα ηλεκτρόνιο άλλαζε επίπεδα ενέργειας. Ισχύει αυτό σε αυτή την περίπτωση; Ναι, το φως που βλέπετε από ένα νήμα παράγεται επίσης από ηλεκτρόνια που μεταβαίνουν μεταξύ των ενεργειακών επιπέδων. Η διαφορά μεταξύ ενός νήματος και ενός λαμπτήρα φθορισμού είναι ότι το νήμα είναι στερεό. Στα στερεά υλικά, τα άτομα αλληλεπιδρούν με άλλα άτομα για να αλλάξουν ελαφρώς τα επίπεδα ενέργειας του κοντινού ατόμου. Το αποτέλεσμα είναι ότι έχετε πολλά διαφορετικά άτομα με πολλά διαφορετικά επίπεδα ενέργειας. Υπάρχει τέτοια ποικιλία επιπέδων ενέργειας που λαμβάνετε όλες τις πιθανές μεταβάσεις και όλα τα πιθανά χρώματα φωτός (όταν έχετε αρκετή ενέργεια). Όταν συνδυάζετε όλα τα πιθανά χρώματα του φωτός, το ανθρώπινο μάτι το αντιλαμβάνεται ως λευκό φως.

Αν και ο λαμπτήρας πυρακτώσεως είναι απλός στην κατασκευή, δεν είναι η καλύτερη συσκευή για φως. Το πρόβλημα είναι ότι ο λαμπτήρας βγάζει φως με το να ζεσταίνεται πολύ. Πολύ ζεστό σημαίνει πολύ κακή και σπατάλη ενέργειας. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που λαμβάνετε από έναν λαμπτήρα πυρακτώσεως πηγαίνει κατευθείαν στη θερμική ενέργεια που δεν θέλετε (εκτός εάν χρησιμοποιείτε τον λαμπτήρα για να ζεστάνετε τα πράγματα).

Λαμπτήρας φθορισμού

Τα φώτα φθορισμού υπάρχουν εδώ και αρκετό καιρό. Άρχισαν να είναι δημοφιλή για γραφεία και βιομηχανικά περιβάλλοντα τη δεκαετία του 1950, αλλά τώρα είναι στα περισσότερα σπίτια. Τώρα έχουμε και το συμπαγές φθορίζον. Όπως μπορείτε να μαντέψετε, αυτός είναι απλώς ένας λαμπτήρας φθορισμού που είναι αρκετά μικρός για να χωράει στις υποδοχές των παραδοσιακών λαμπτήρων πυρακτώσεως. Πώς λειτουργούν όμως;

Ας δούμε πρώτα ένα παρόμοιο φως --- τη λάμπα νέον. Ξεκινήστε με έναν γυάλινο σωλήνα που είναι γεμάτος με αέριο νέον. Τώρα εφαρμόστε μια μεγάλη τάση στα άκρα του σωλήνα. Η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού στο εσωτερικό του σωλήνα θα προκαλέσει την επιτάχυνση των ελεύθερων ηλεκτρονίων και τη σύγκρουση με τα άτομα νέον. Σε περίπτωση σύγκρουσης, αυτά τα ηλεκτρόνια μπορούν να διεγείρουν τα ηλεκτρόνια στο νέον σε υψηλότερα επίπεδα ενέργειας. Όταν τα διεγερμένα ηλεκτρόνια στα άτομα νέον επανέρχονται σε χαμηλότερα επίπεδα ενέργειας, παράγουν φως.

Κάθε άτομο έχει τα δικά του μοναδικά ενεργειακά επίπεδα. Αυτό σημαίνει ότι διαφορετικά αέρια θα παράγουν διαφορετικά χρώματα που αντιστοιχούν στα διαφορετικά επίπεδα ενέργειας. Το νέον έχει αυτό το κλασικό κόκκινο-πορτοκαλί. Εάν διεγείρετε ένα αέριο ατμού υδραργύρου, θα έχετε διαφορετικό χρώμα (από διαφορετικά επίπεδα ενέργειας). Αυτά τα αέρια δεν δημιουργούν μόνο ένα χρώμα φωτός, αλλά παράγουν πολλά διαφορετικά χρώματα που αντιστοιχούν σε διαφορετικές μεταβάσεις ενεργειακών επιπέδων. Μπορείτε να δείτε τα μεμονωμένα χρώματα κοιτάζοντας μέσα από μια σχάρα περίθλασης (μια διαφάνεια με πολλές μικροσκοπικές γραμμές πάνω της). Έτσι θα έμοιαζε τόσο για τους ατμούς νέον όσο και για τον υδράργυρο.

Είναι σαφές ότι δεν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε λαμπτήρες νέον για κανονικό φωτισμό. Απλώς δεν είναι το σωστό χρώμα. Οι ατμοί του υδραργύρου φαίνονται πιο κοντά, αλλά όχι πολύ σωστά. Εδώ είναι το κόλπο για τους λαμπτήρες φθορισμού --- φθορισμού. Ο φθορισμός είναι η διαδικασία μέσω της οποίας ένα υλικό απορροφά ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος (χρώμα) φωτός και εκπέμπει ξανά ένα χρώμα με μεγαλύτερο μήκος κύματος. Στην περίπτωση ενός λαμπτήρα φθορισμού, υπάρχει μια επίστρωση στο εσωτερικό του γυαλιού που απορροφά το υπεριώδες φως (το οποίο συνήθως δεν μπορείτε να δείτε) και το εκπέμπει ξανά ως ορατό φως. Ναι, είναι μια περίπλοκη διαδικασία, αλλά έτσι λειτουργεί.

Αλλά γιατί αυτοί οι λαμπτήρες φθορισμού (και οι συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού) δεν είναι τόσο καλοί όσο ένα φως LED; Υπάρχουν μερικά μειονεκτήματα. Πρώτον, για να διεγείρετε το αέριο χρειάζεστε μια υψηλή τάση που εφαρμόζεται στον σωλήνα. Για να αποκτήσει αυτή την υψηλή τάση, ένας λαμπτήρας φθορισμού χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρομαγνητικό έρμα που παίρνει την κανονική οικιακή τάση και την ανεβάζει σε υψηλότερο επίπεδο. Αυτή η διαδικασία ανύψωσης δεν είναι τέλεια και παράγει θερμότητα κατά τη διαδικασία, πράγμα που σημαίνει ότι ο λαμπτήρας δεν είναι τόσο ενεργειακά αποδοτικός όσο το LED.

Ένα άλλο πρόβλημα με τη λάμπα φθορισμού είναι η διάρκεια ζωής. Εάν σπάσετε τον γυάλινο σωλήνα, το αέριο θα διαφύγει και το φως δεν θα λειτουργήσει. Το ballast μπορεί επίσης να αποτύχει και τα στοιχεία μέσα στον λαμπτήρα τελικά να φθαρούν. Δεν διαρκούν για πάντα.

Οι σύγχρονοι λαμπτήρες φθορισμού παράγουν κατάλληλα χρώματα και δεν τρεμοπαίζουν τόσο πολύ όσο οι παλαιότεροι λαμπτήρες. Αυτό τους καθιστά μια εξαιρετική αντικατάσταση για τους παλαιότερους λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Δίοδος εκπομπής φωτός (LED)

Χρησιμοποιείτε φώτα LED για αρκετό καιρό. Βρίσκονται στο τηλεχειριστήριο υπέρυθρων (IR) για την τηλεόρασή σας. Είναι η πηγή φωτός για το φλας στην κάμερα του smartphone σας. Υπάρχει ακόμη και μια καλή πιθανότητα να χρησιμοποιούνται φώτα LED για να κάνουν ορατή την οθόνη του υπολογιστή σας. Το LED άρχισε να βλέπει πραγματικές χρήσεις στη δεκαετία του 1960 και σήμερα είναι παντού.

Εάν το LED είναι μια σχετικά νέα μέθοδος για τη δημιουργία τεχνητού φωτός, γιατί να ξεκινήσω πρώτα με αυτό; Όσον αφορά τη φυσική, νομίζω ότι το LED μπορεί να είναι το πιο εύκολο να εξηγηθεί. Τώρα περιμένετε, μην με παρεξηγήσετε. Το LED εξακολουθεί να είναι περίπλοκο --- αλλά μπορεί να εξακολουθεί να είναι η ευκολότερη συσκευή για εξήγηση.

Υπάρχει ένα κοινό στοιχείο σε όλες τις μεθόδους παραγωγής φωτός. Όλοι ασχολούνται με τα ηλεκτρόνια που αλλάζουν τα ενεργειακά επίπεδα. Όταν σκεφτόμαστε την ενέργεια για μακροσκοπικά αντικείμενα, φανταζόμαστε ότι θα μπορούσαν να έχουν οποιοδήποτε συγκεκριμένο ενεργειακό επίπεδο. Μπορώ να πετάξω μια μπάλα του τένις ώστε να έχει 10 Joules κινητικής ενέργειας ή 10,1 Joules ή οποιαδήποτε τιμή ενδιάμεσα. Αυτό δεν είναι ακριβώς αλήθεια και καθώς βλέπουμε όλο και μικρότερα πράγματα, προφανώς δεν είναι αλήθεια. Ένα ηλεκτρόνιο σε κάποιο τύπο συστήματος μπορεί να έχει μόνο ορισμένα επίπεδα ενέργειας.

Ας δούμε την απλούστερη περίπτωση --- το άτομο υδρογόνου που αποτελείται μόνο από ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο. Στο χαμηλότερο ενεργειακό του επίπεδο, το ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε ενεργειακή στάθμη $-13,6 \text{ eV}$ (τα βολτ ηλεκτρονίων είναι μονάδα ενέργειας). Εάν το ηλεκτρόνιο μετακινηθεί στο επόμενο υψηλότερο ενεργειακό επίπεδο, θα είναι στα $-3,4 \text{ eV}$ (που είναι όντως υψηλότερα από $-13,6 \text{ eV}$. Το ηλεκτρόνιο στο υδρογόνο ΔΕΝ μπορεί να βρίσκεται σε ενεργειακό επίπεδο μεταξύ $-13,6$ και $-3,4 \text{ eV}$. Αυτό είναι ακριβώς το πως είναι.

Τι σχέση όμως έχει αυτό με το φως; Αποδεικνύεται **ότι όταν ένα ηλεκτρόνιο κάνει τη μετάβαση από ένα υψηλότερο ενεργειακό επίπεδο σε ένα χαμηλότερο επίπεδο ενέργειας, παράγει φως**. Επίσης, η συχνότητα αυτού του φωτός είναι ανάλογη της μεταβολής της ενέργειας. Οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται διαφορετικές συχνότητες φωτός (στο στενό φάσμα όλων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων) ως διαφορετικά χρώματα φωτός.

Τι σχέση έχει αυτό με το LED; Το LED είναι μια συσκευή στερεάς κατάστασης. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία δεν διέπεται από μια τυπική χημική αντίδραση ή μηχανική μέθοδο. Η συσκευή στερεάς κατάστασης είναι ένας συνδυασμός δύο διαφορετικών ημιαγωγών υλικών στα οποία τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινούνται σε διαφορετικά επίπεδα ενέργειας λόγω της περιοδικής φύσης του υλικού. Αυτό δημιουργεί ένα ενεργειακό κενό για τα ηλεκτρόνια στο σύστημα. Ναι, όταν τα ηλεκτρόνια μεταβαίνουν σε αυτό το ενεργειακό χάσμα, παράγουν φως, φως συγκεκριμένου χρώματος.

Τα πρώτα φώτα LED παρήγαγαν μόνο υπέρυθρο φως (φως με συχνότητες που οι άνθρωποι δεν μπορούν να δουν). Μετά από αυτό, αρχίσαμε να δημιουργούμε κόκκινα και μετά πράσινα LED. Τέλος, δημιουργήθηκε ένα μπλε LED (αλλά συνδυάζοντας προσεκτικά διαφορετικούς ημιαγωγούς). Με το μπλε LED έχετε δύο πράγματα. Αρχικά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κόκκινα, πράσινα και μπλε φώτα (RGB) για να δημιουργήσετε οθόνες βίντεο. Δεύτερον, χρησιμοποιώντας μπλε LED και μερικά άλλα κόλπα, μπορείτε να φτιάξετε μια λευκή λυχνία LED που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φώτα.

Τι κάνει το φως LED τόσο υπέροχο; Πρώτον, μπορεί να είναι πολύ μικρά και στιβαρά. Αν δεν τα

περνάτε πολύ ρεύμα, διαρκούν πολύ και δεν σπάνε απλώς ανακινώντας τα. Δεύτερον, η λυχνία LED δεν ζεσταίνεται πολύ όταν είναι αναμμένη. Η λιγότερη ενέργεια που καταναλώνεται για τη θέρμανση της συσκευής σημαίνει ότι περισσότερη ενέργεια πηγαίνει στο φως. Τα φώτα LED είναι πολύ πιο ενεργειακά αποδοτικά από άλλες συσκευές.

Υπάρχει κάποιο μειονέκτημα; Αυτή τη στιγμή, το μόνο μειονέκτημα είναι ότι είναι λίγο πιο ακριβά για μεγαλύτερες εφαρμογές. Ωστόσο, η τιμή για αυτές τις συσκευές φαίνεται να πέφτει γρήγορα. Σύντομα μπορεί να χρησιμοποιούμε φώτα LED πολύ περισσότερο από ό,τι στο παρελθόν.