

# Ψηφιακή εικόνα

Μαθήματα ΛΕΦΚΚ 2012-13

Μαργαρίτης Γιώργος

# Περιεχόμενα μαθήματος:

- Pixels - εικονοστοιχεία
- Color depth – βάθος χρώματος
- Image resolution – ανάλυση εικόνας
  - Image types – τύποι εικόνας
- Colour models – χρωματικά μοντέλα
  - Raw images – εικόνες raw
- The image sensor – ο αισθητήρας
  - Παραδείγματα

# Ψηφιακή εικόνα

Τι είναι ψηφιακή εικόνα;

Η ψηφιακή εικόνα είναι μία αριθμητική αναπαράσταση

(συνήθως σε δυαδικό αριθμητικό σύστημα) μιας δισδιάστατης εικόνας

```
1101111 10111011 10111111 00111100 01101110 01101111 01100100 0110010
0100000 01101001 01100100 00111101 00100010 00110001 00110000 0011011
0110000 00100010 00100000 01110110 01100101 01110010 01110011 0110100
1101111 01101110 00111101 00100010 01100101 01100010 01100011 0011011
1100010 01100011 01100001 00110001 00101101 00110011 01100001 0110011
1100010 00101101 00110100 01100001 01100001 00110001 00101101 0011100
1100001 00110100 01100101 00101101 01100110 01100100 00110000 0110010
0110110 00110011 00110110 00110011 01100011 01100010 01100011 0011011
0100010 00100000 01110000 01100001 01110010 01100101 01101110 0111010
1001001 01000100 00111101 00100010 00101101 00110001 00100010 0010000
1101100 01100101 01110110 01100101 01101100 00111101 00100010 0011000
0100010 00100000 01110111 01110010 01101001 01110100 01100101 0111001
1001001 01000100 00111101 00100010 00110000 00100010 00100000 0110001
1110010 01100101 01100001 01110100 01101111 01110010 01001001 0100010
0111101 00100010 00110000 00100010 00100000 01101110 01101111 0110010
1100101 01010100 01111001 01110000 01100101 00111101 00100010 0011000
0110000 00110101 00110110 00100010 00100000 01110100 01100101 0110110
1110000 01101100 01100001 01110100 01100101 00111101 00100010 0011000
0110000 00110100 00110010 00100010 00100000 01110011 01101111 0111001
1110100 01001111 01110010 01100100 01100101 01110010 00111101 0010001
0110010 00100010 00100000 01100011 01110010 01100101 01100001 0111010
1100101 01000100 01100001 01110100 01100101 00111101 00100010 0011001
0110000 00110000 00110111 00101101 00110000 00110100 00101101 0011001
0110101 01010100 00110001 00111000 00111010 00110010 00111000 0011101
```

# Το εικονοστοιχείο (pixel)



# Το εικονοστοιχείο (pixel)

- Το δομικό στοιχείο της εικόνας
- Κάθε εικονοστοιχείο περιέχει μόνο ένα χρώμα
- Η πληροφορία του χρώματος αποθηκεύεται ως αριθμός σε bits

## Bit: δυαδικό ψηφίο (0 ή 1)

- το bit είναι η μικρότερη μονάδα πληροφορίας που μπορεί να αποθηκευτεί.
- Κάθε bit μπορεί να αναπαραστήσει δύο καταστάσεις
- 8 bits κάνουν ένα byte

Πόσα **bits** αφιερώνονται στην αποθήκευση του χρώματος ενός **pixel**;



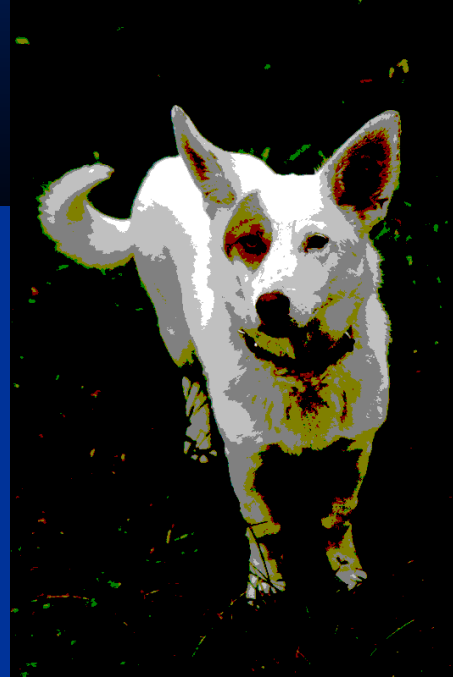
## Βάθος χρώματος (Color depth)



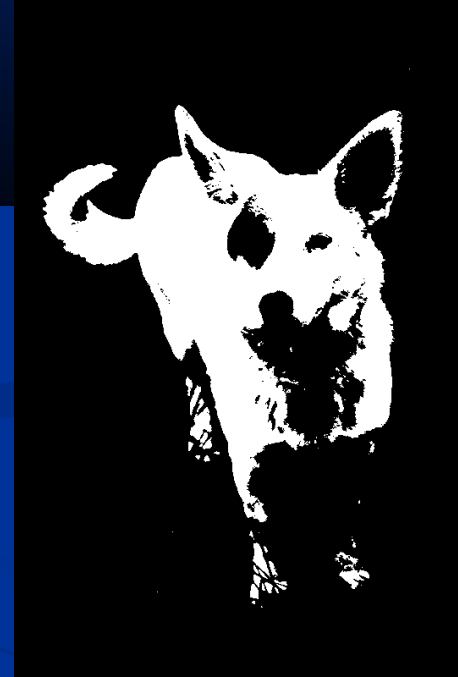
24 bits/pixel



8 bits/pixel



4 bits/pixel



1 bit/pixel

## Βάθος χρώματος (Color depth)

1-bit: 2 διαφορετικά χρώματα

4-bit:  $2^4 = 16$  διαφορετικά χρώματα

8-bit:  $2^8 = 256$  διαφορετικά χρώματα

24-bit:  $2^{24} = 16777216$  διαφορετικά χρώματα

Όσο αυξάνεται ο αριθμός των bits που αφιερώνονται στην αποθήκευση του χρώματος ενός pixel, τόσο αυξάνεται η ποιότητα και το μέγεθος της εικόνας

# Ανάλυση εικόνας – διαστάσεις εικόνας

Οι διαστάσεις εικόνας είναι ο συνολικός αριθμός (γινόμενο) των pixels κατά πλάτος και ύψος

Μία εικόνα διαστάσεων 1600x1200 έχει 1.920.000 pixels, ή περίπου 2 Mega pixels

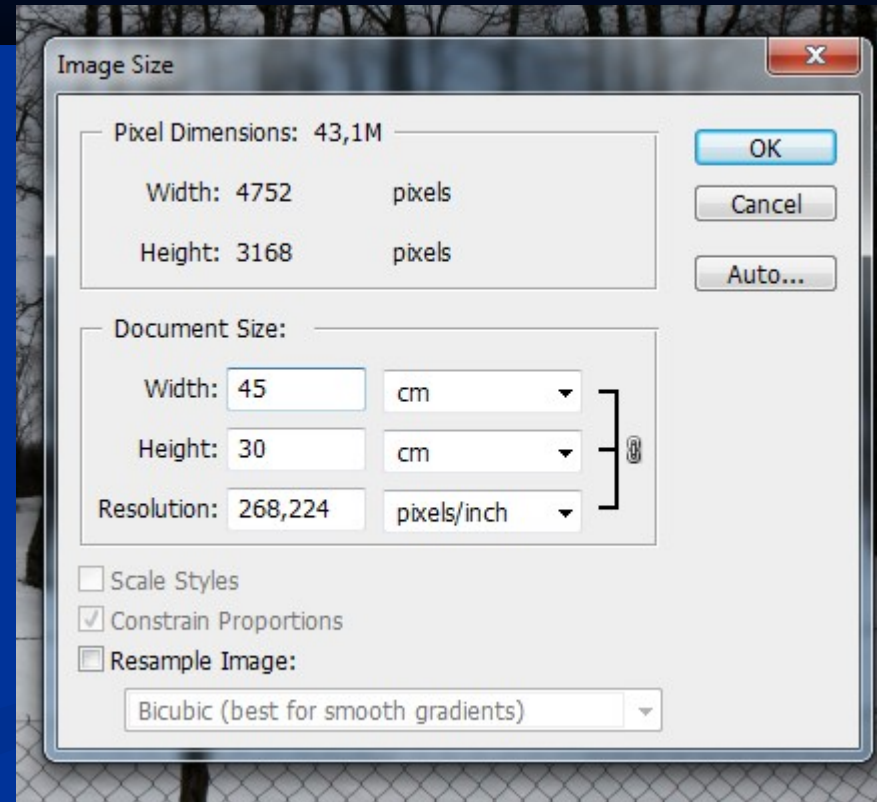
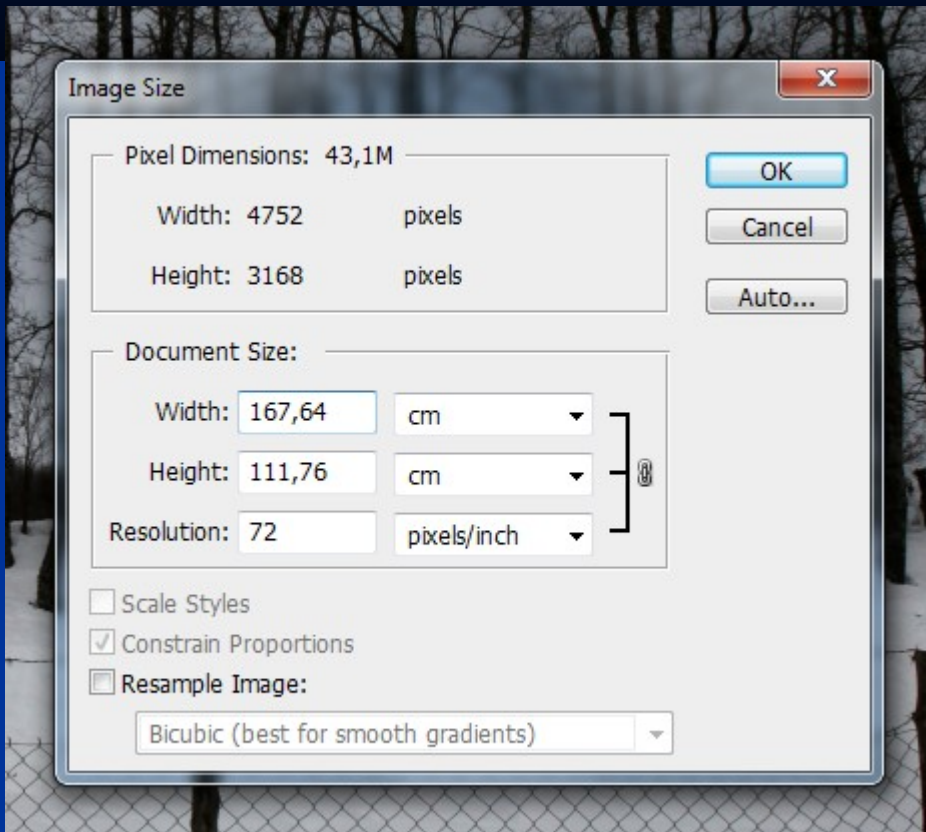
Αντίστοιχα, μια εικόνα 4752x3168 έχει 15.054.336 pixels, ή 15 Mega pixels (Mp)





# Ανάλυση εικόνας – διαστάσεις εικόνας

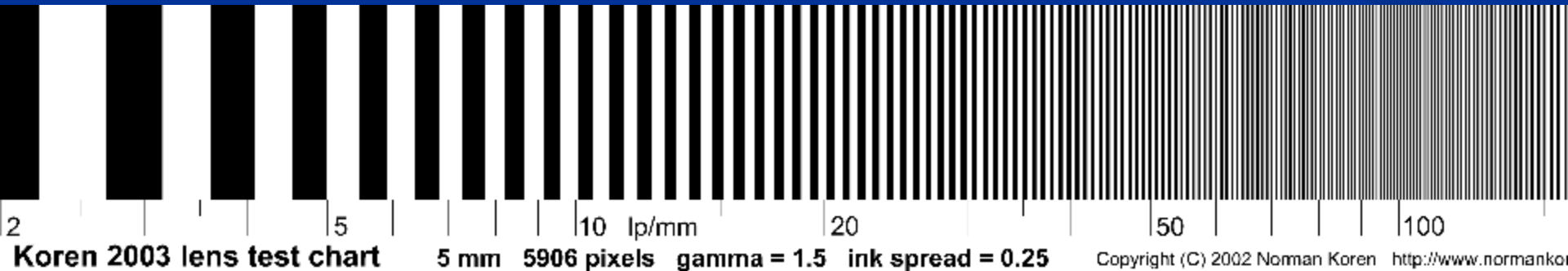
Η ανάλυση είναι η λεπτομέρεια που περιέχει μια εικόνα και μετριέται σε pixels/inch



Η **ανάλυση** εκφράζει το *πόσο πυκνές* μπορούν να είναι οι γραμμές σε μία εικόνα εξακολουθώντας να διακρίνονται η μία από την άλλη.

Με βάση αυτό τον ορισμό μετριέται σε ζεύγη γραμμών ανά χιλιοστόμετρο (lp/mm)

Με αυτόν τον τρόπο ορίζεται και η **ανάλυση ενός φακού**.



## Πόσο χώρο καταλαμβάνει μια εικόνα στον υπολογιστή μας;

Το μέγεθος μιας ασυμπίεστης εικόνας προκύπτει από το γινόμενο:

πλάτος\*ύψος\*βάθος χρώματος

Μία εικόνα 1600x1200 με βάθος χρώματος 24-bit έχει μέγεθος

$$1600*1200*24 = 46.080.000 \text{ bits}$$

ή 5.760.000 bytes

ή 5,5 MB

Μία εικόνα 4752x3168 με βάθος χρώματος 24-bit έχει μέγεθος

$$4752*3168*24 = 361.304.064 \text{ bits}$$

ή 43 MB

Συμπίεση – κωδικοποίηση εικόνας

Το πρότυπο **JPEG** (1992)

Joint

Photographic

Experts

Group

Το πρότυπο JPEG μπορεί να συμπιέσει φυσικές εικόνες με αναλογία συμπίεσης από 1:2.6 έως 1:10 με καλή ποιότητα.

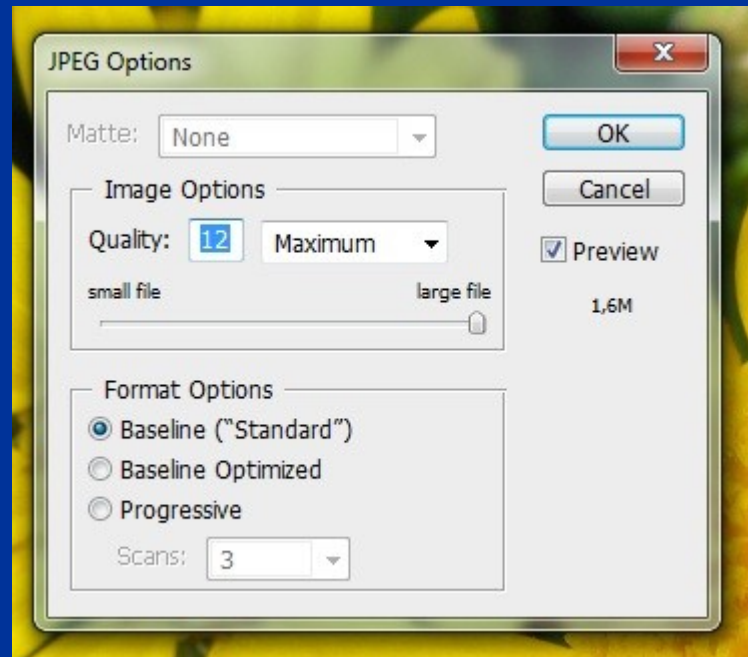
Συνηθέστερες τιμές συμπίεσης από 1:5 έως 1:8

Με συμπίεση 1:8 μια εικόνα με μέγεθος 43MB γίνεται 5,3 MB

# Το πρότυπο JPEG

## Το πρότυπο JPEG :

- εκμεταλλεύεται τη χρωματική συνάφεια των γειτονικών pixels
- είναι ανεξάρτητο από χρωματικά μοντέλα
- μπορεί να έχει απωλεστικό ή μη απωλεστικό αποτέλεσμα
- ο βαθμός συμπίεσης δεν είναι συγκεκριμένος και μπορεί να οριστεί





# Χρωματικά μοντέλα (colour models)

Τα χρωματικά μοντέλα περιγράφουν τρόπους με τους οποίους μπορεί να αναπαρασταθεί το χρώμα σε μαθηματική μορφή, ως αριθμητικοί συνδυασμοί χρωματικών συνιστωσών

Παραδείγματα χρωματικών μοντέλων:

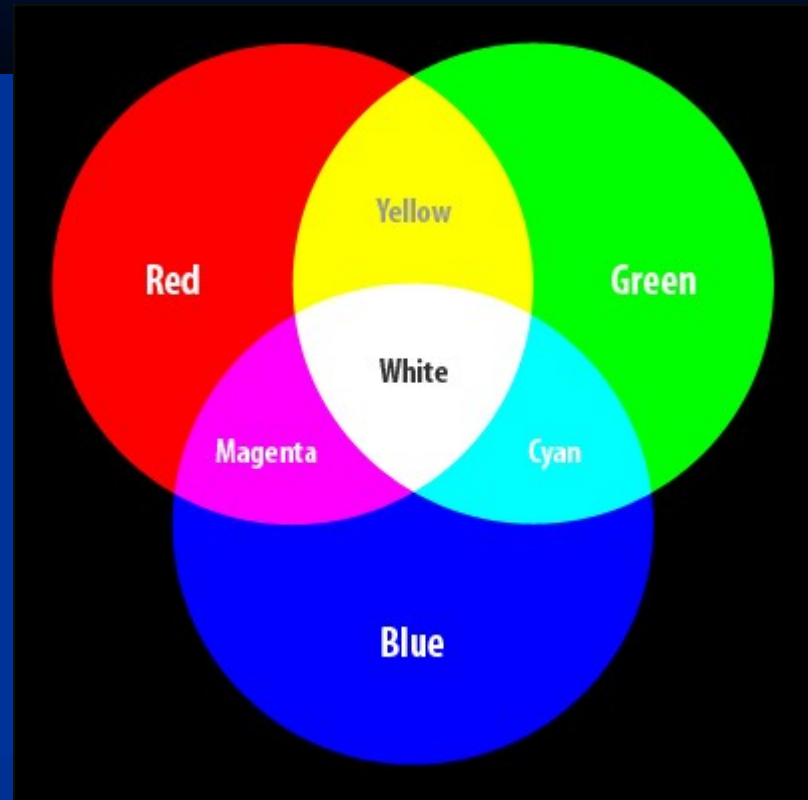
- ❖ RGB (Red Green Blue)
- ❖ CMYK (Cyan Magenta Yellow Black)
- ❖ HSL (Hue Saturation Lightness)
- ❖ Lab (**L**uminosity **a**(τιμή μεταξύ κόκκινου και πράσινου) **b**(τιμή μεταξύ μπλε και κίτρινου))

# RGB

Βασίζεται στις τρεις βασικές χρωματικές συνιστώσες (κόκκινο, πράσινο, μπλε)

(Red, Green, Blue)

Το χρωματικό μοντέλο RGB χαρακτηρίζεται ως προσθετικό μοντέλο, γιατί το άθροισμα των συνιστωσών του στην μεγαλύτερή τους ένταση δίνει άσπρο

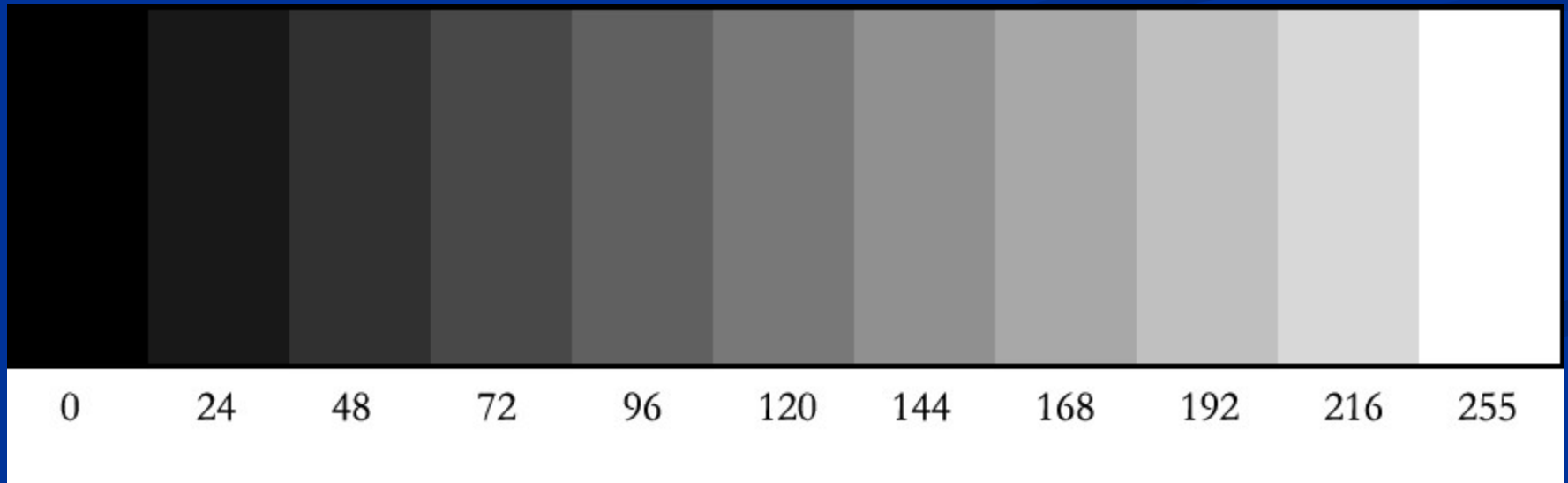


# RGB

Ίσες τιμές των τριών συνιστωσών δίνουν γκρι χρώμα.

Ο συνδυασμός  $(0,0,0)$  είναι το μαύρο και ο  $(255,255,255)$  το άσπρο.

Ενδιάμεσες τιμές θα δώσουν διάφορες αποχρώσεις του γκρι.



# RGB

Διαφορετικοί συνδυασμοί των τριών συνιστωσών δίνουν καθαρά χρώματα και αποχρώσεις.

Παραδείγματα χρωματικών συνδυασμών:

255,0,0 (FF0000): κόκκινο

0,255,0 (00FF00): πράσινο

0,0,255 (0000FF): μπλε

255,0,255 (FF00FF): ματζέντα

255,255,0 (FFFF00): κίτρινο

0,255,255 (00FFFF): κυανό

255,165,0 (FFA500): πορτοκαλί

165,42,42 (A52A2A): καφέ

Συνολικός αριθμός χρωμάτων που μπορούν να αναπαρασταθούν με αυτή την κωδικοποίηση:

$$256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$$

# CMYK

Βασίζεται στα τέσσερα βασικά μελάνια που χρησιμοποιούνται στην εκτύπωση

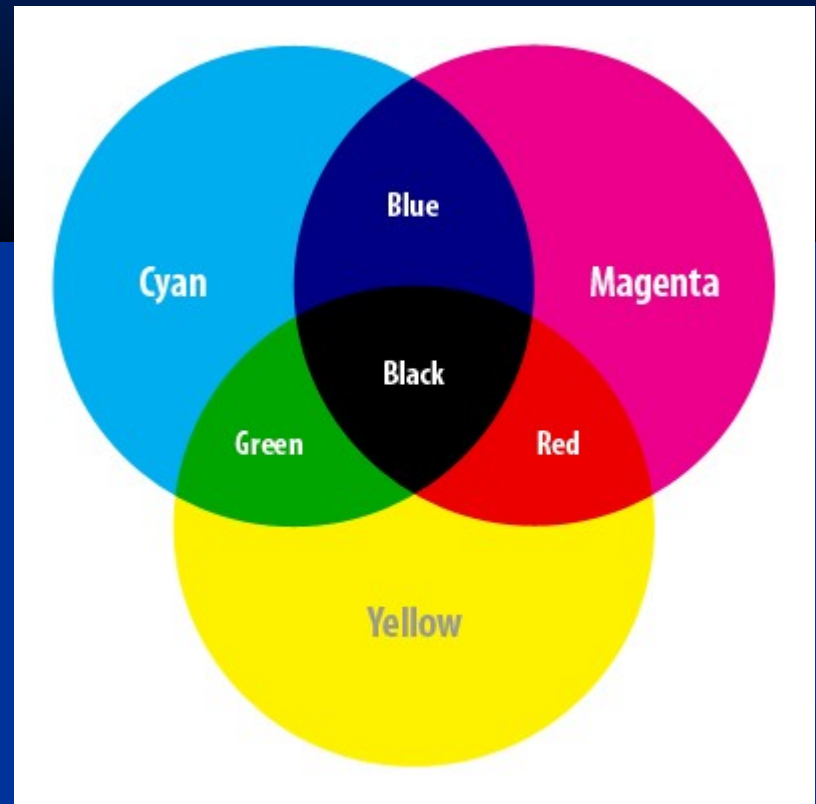
(κυανό, ματζέντα, κίτρινο, μαύρο)

(Cyan, Magenta, Yellow, Black)

Το CMYK χαρακτηρίζεται ως αφαιρετικό μοντέλο, γιατί το άθροισμα όλων των χρωμάτων δίνει μαύρο.

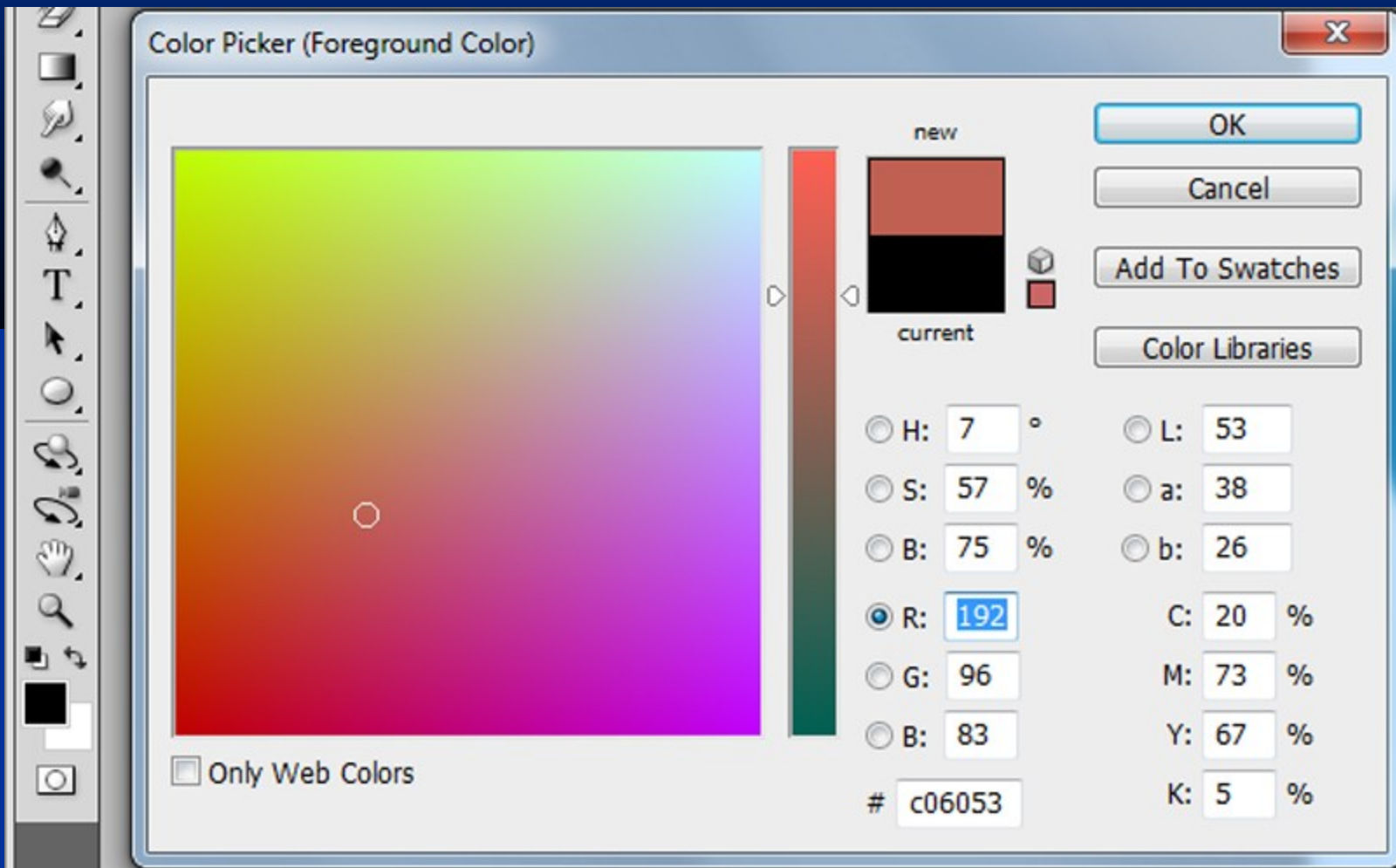
Αυτό συμβαίνει γιατί κάθε χρώμα που προστίθεται, αφαιρεί φωτεινότητα από το - αρχικά άσπρο - χαρτί

Οι συνιστώσες στο CMYK εκφράζονται ως ποσοστό % και παίρνουν τιμές από 0-100%





# Χρωματικά μοντέλα



# Εικόνες RAW

**RAW** είναι οι εικόνες όπως δημιουργούνται από τον αισθητήρα της μηχανής, χωρίς περαιτέρω επεξεργασία

Μερικά χαρακτηριστικά των εικόνων RAW:

- Οι RAW περιέχουν περισσότερη πληροφορία (**14-bit** ή **12-bit** ανά χρωματικό κανάλι) σε σχέση με τις **JPEG** (**8-bit** ανά κανάλι)  
**14-bit** σημαίνει 16384 διαφορετικές αποχρώσεις για κάθε ένα από τα τρία βασικά χρώματα, έναντι των 256 του **8-bit**.
- Δεν έχουν υποστεί απωλεστική συμπίεση, όπως οι JPEG
- Επιδέχονται επεξεργασία σε μεγαλύτερο βαθμό χωρίς να αλλοιώνονται.
- Δίνουν τη δυνατότητα στο φωτογράφο να εφαρμόσει χειροκίνητα διαδικασίες στον υπολογιστή του όπως όξυνση, μείωση θορύβου, ορισμός ισορροπίας λευκού κτλ σύμφωνα με τις δικές του επιλογές και όχι τον αυτοματοποιημένο τρόπο που προβλέπει το υλικο-λογισμικό της μηχανής.

# Εικόνες RAW

## Μερικά χαρακτηριστικά των εικόνων RAW:

- Για να προβληθούν και να επεξεργαστούν χρειάζεται ειδικό λογισμικό
- Δεν υπάρχει καθολικό πρότυπο, καθώς κάθε εταιρεία χρησιμοποιεί τη δικιά της υλοποίηση

(Canon: .CR2, Nikon: .NEF, Olympus: .ORF, Sony: .SR2, κτλ)

- Καταλαμβάνουν αρκετά μεγαλύτερο χώρο στον υπολογιστή σε σχέση με τις JPEG

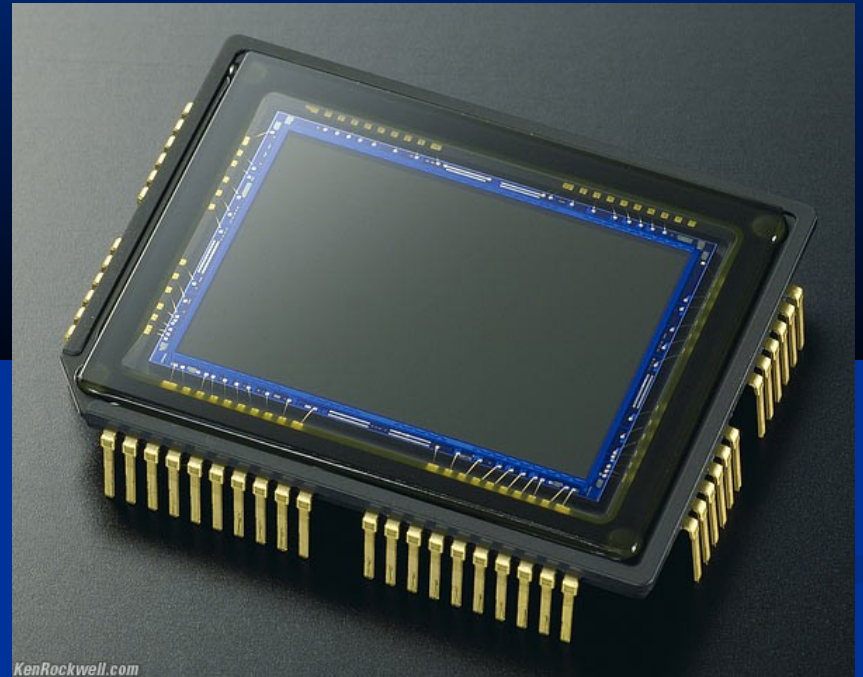
# Ο αισθητήρας

Ο αισθητήρας της φωτογραφικής μηχανής είναι μία συσκευή η οποία μετατρέπει το φως σε ηλεκτρικό σήμα.

Στον αισθητήρα καταλήγει το φως που περνάει μέσα από το φακό της μηχανής.

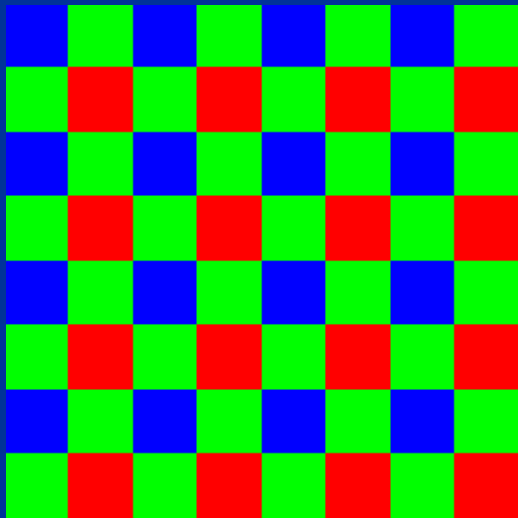
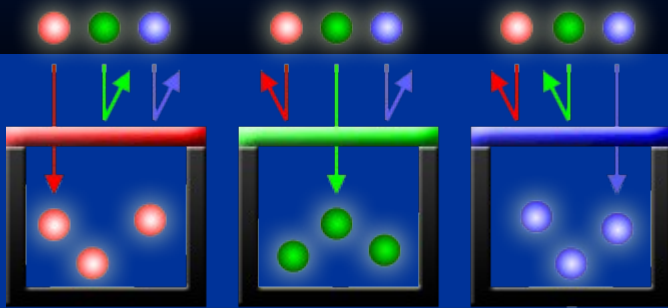
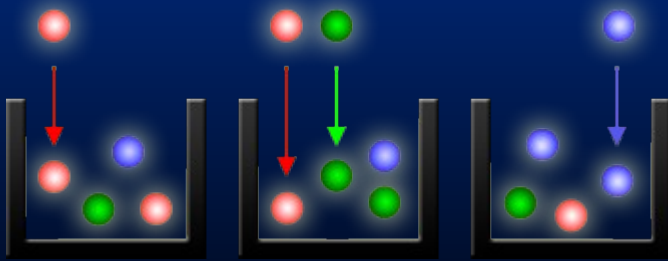
Καταγράφοντας αυτό το φως, σχηματίζεται η φωτογραφία.

Για να καταγράψει το φως που πέφτει πάνω του, ο αισθητήρας χρησιμοποιεί φωτοευαίσθητα κελιά, στο καθένα από τα οποία υπάρχει μία ειδική φωτοδιόδος που μετατρέπει την ένταση του φωτός σε ηλεκτρισμό



# Ο αισθητήρας

Επειδή οι φωτοδιόδοι μπορούν να καταγράψουν το πόσο φως πέφτει μέσα τους αλλά όχι και το χρώμα του, χρησιμοποιούνται κατάλληλα φίλτρα έτσι ώστε σε κάθε φωτοδίοδο να περάσει μόνο ένα χρώμα



Οι περισσότερες μηχανές χρησιμοποιούν ένα φίλτρο που λέγεται πίνακας **Bayer (Bayer Filter Array)**

Ο πίνακας **Bayer** χρησιμοποιεί τετράδες φίλτρων μπλε-πράσινου-πράσινου-κόκκινου

Ο λόγος που χρησιμοποιούνται διπλάσια πράσινα φίλτρα από τα άλλα χρώματα είναι γιατί το ανθρώπινο μάτι είναι πιο ευαίσθητο στο πράσινο



## Ο αισθητήρας

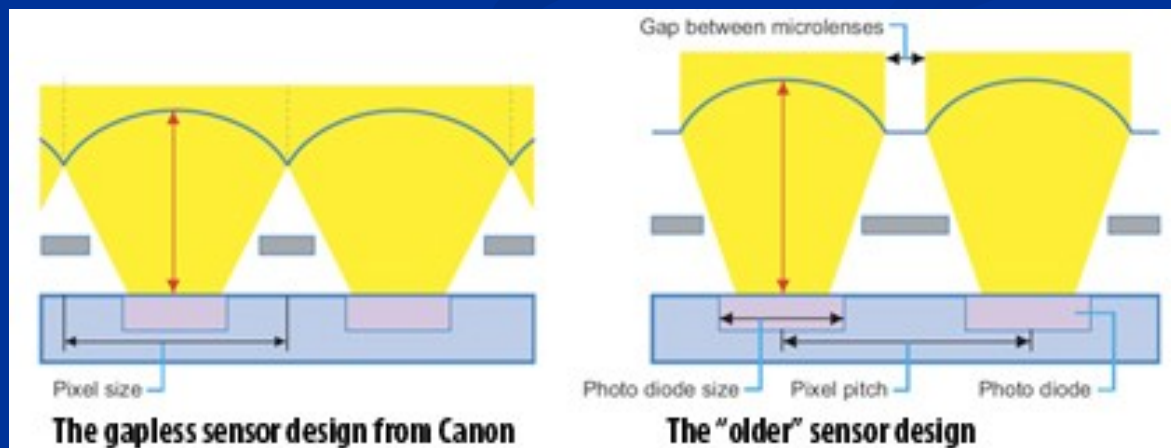
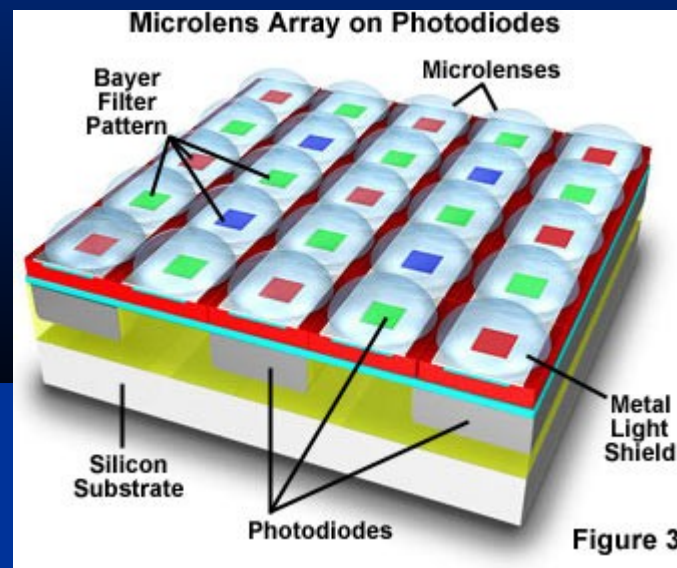
Συνεπώς, η κάθε φωτοδιόδος καταγράφει ένα χρώμα. Για να παραχθεί η συνολική χρωματική πληροφορία, η μηχανή κάνει μία μείξη των τριών επιμέρους χρωμάτων που έχουν καταγραφεί σε γειτονικές φωτοδιόδους.

Η κάθε τετράδα φωτοδίοδων δεν αντιμετωπίζεται ως μονό **pixel**, γιατί κάτι τέτοιο θα μείωνε στο  $\frac{1}{4}$  τον συνολικό αριθμό των **pixels**.

Αντί γι' αυτό, οι τετράδες επικαλύπτουν η μία την άλλη, με συνέπεια να παράγεται συνολικός αριθμός **pixels** όσος και οι φωτοδιόδοι

# Ο αισθητήρας

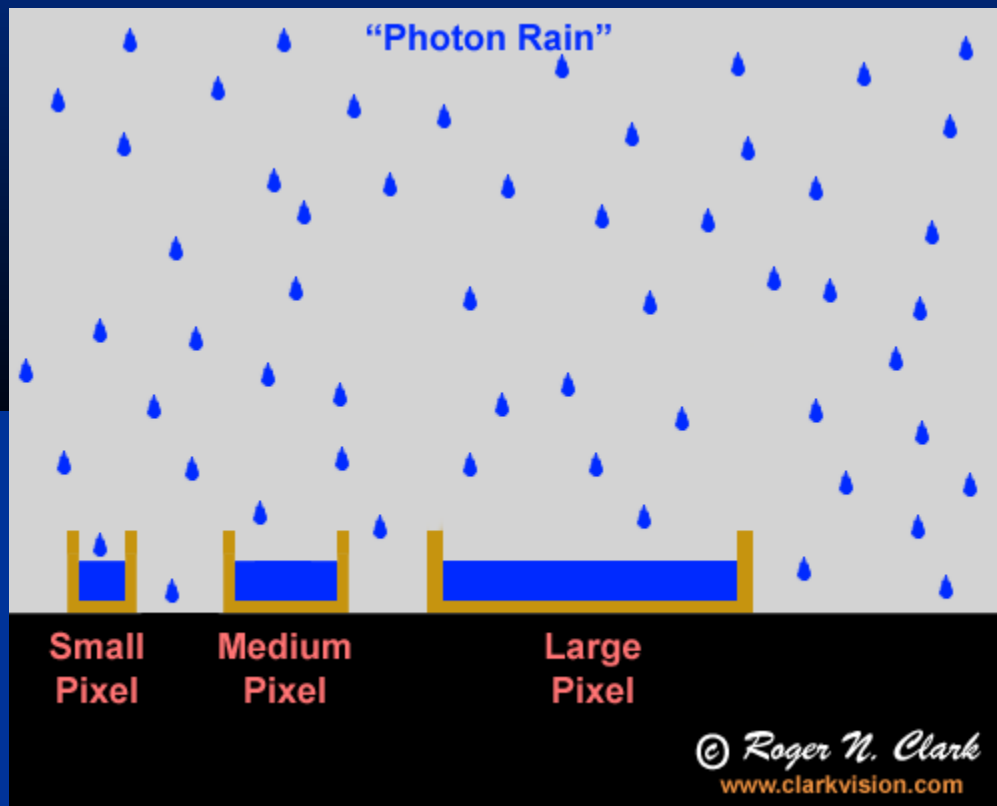
Για να κατευθύνεται το φως μέσα στις φωτοδιόδους, χρησιμοποιούνται μικροσκοπικοί φακοί (**microlenses**), ένας πάνω από κάθε φωτοδίοδο. Το μέγεθος του κάθε κελιού (**pixel**) στον αισθητήρα κυμαίνεται από Περίπου 2 έως 9 μικρόμετρα (**microns**). όσο πιο μεγάλο το μέγεθος του pixel, τόσο καλύτερη εικόνα παράγει ο αισθητήρας.



# Ο αισθητήρας

Αυτό συμβαίνει γιατί το μεγαλύτερο **pixel** συγκεντρώνει περισσότερο φως (φωτόνια)

Επειδή η παρουσία θορύβου είναι (περίπου) σταθερή, όσο περισσότερα φωτόνια μπουν σε ένα **pixel** τόσο μικρότερος είναι -αναλογικά- ο θόρυβος.



Παραδείγματα μεγέθους pixel:

Canon 1D Mark II: 8.2 microns

Canon 5D Mark III: 6.2 microns

Canon 600D: 4.3 microns

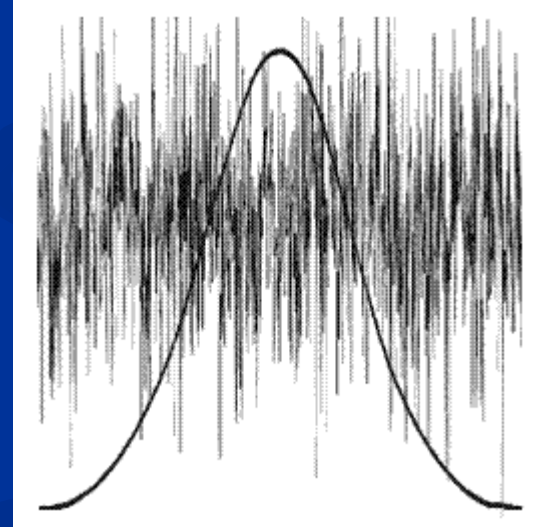
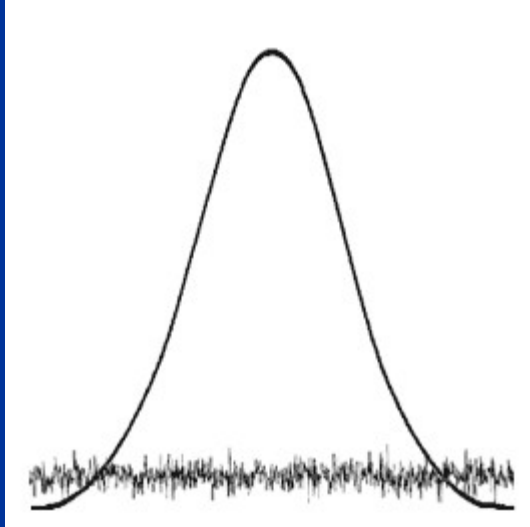
Canon IXUS 210: 1.4 microns

# Ο αισθητήρας

Τι γίνεται όταν αυξάνουμε το ISO;

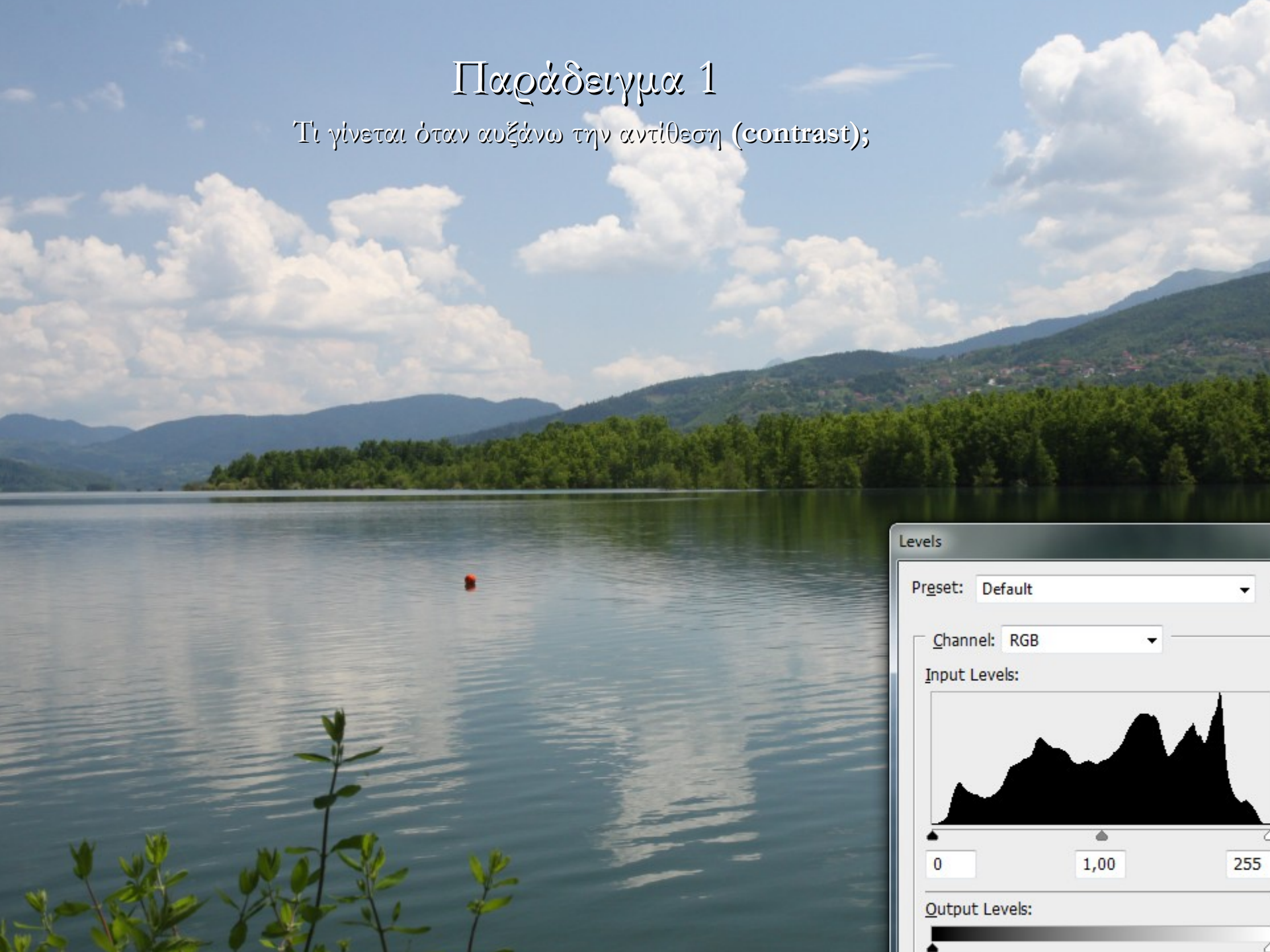
Όταν αυξάνουμε το ISO της μηχανής μας, ενισχύεται το παραγόμενο ηλεκτρικό σήμα του αισθητήρα.

Μαζί με το ηλεκτρικό σήμα αυξάνεται και ο θόρυβος. Η αναλογία θορύβου/ σήματος μεγαλώνει, και η ποιότητα της εικόνας γίνεται χειρότερη.



# Παράδειγμα 1

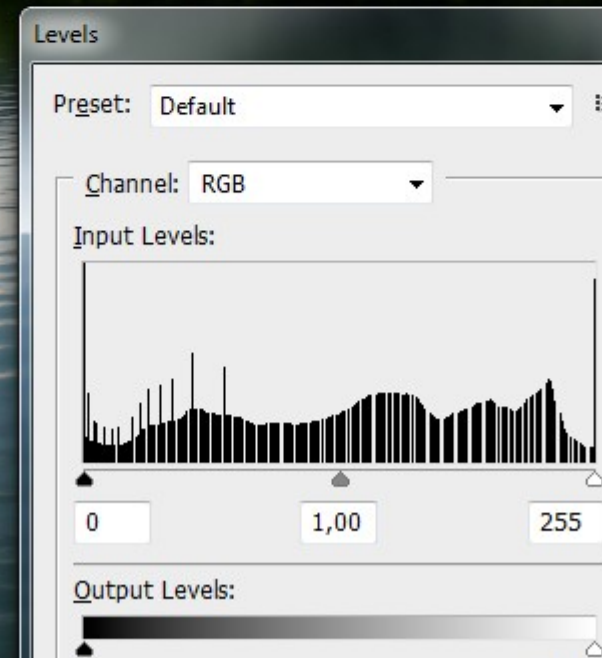
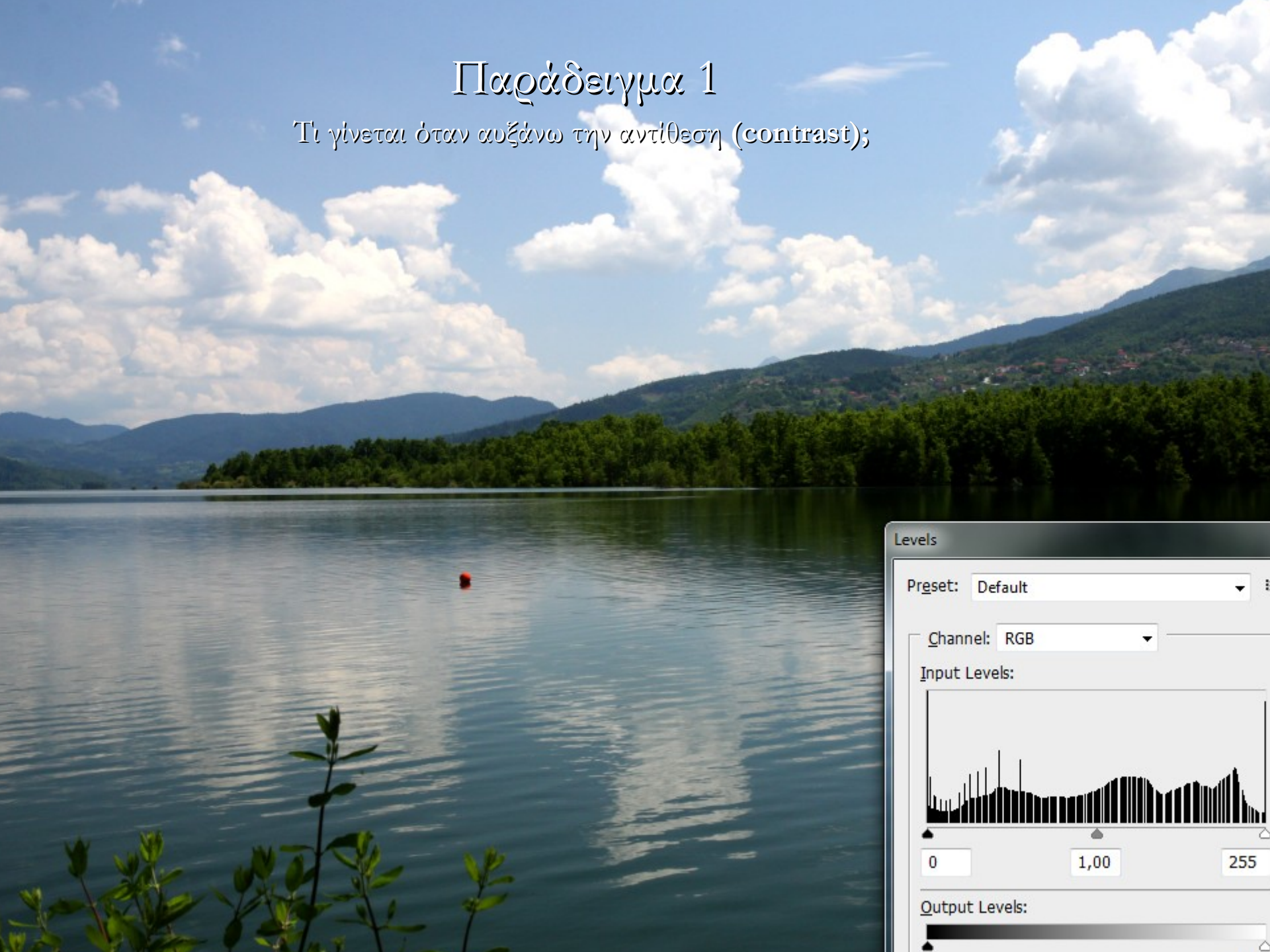
Τι γίνεται όταν αυξάνω την αντίθεση (contrast);





# Παράδειγμα 1

Τι γίνεται όταν αυξάνω την αντίθεση (contrast);



## Παράδειγμα 2

Τι μπορώ να κερδίσω όταν επεξεργάζομαι ένα **raw** αρχείο;





Αρχική εικόνα χωρίς επεξεργασία



Μετατροπή σε JPEG και επεξεργασία του JPEG αρχείου





Επεξεργασία του RAW αρχείου και κατόπιν μετατροπή σε JPEG

Ευχαριστώ!

(και του χρόνου)