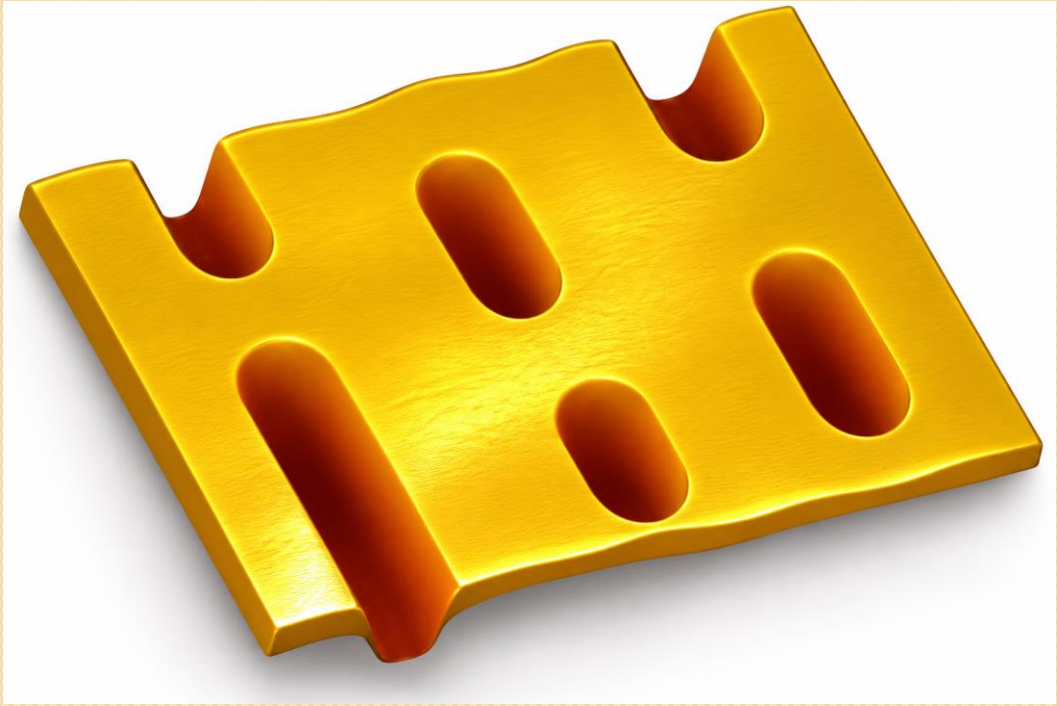
ΟΠΤΙΚΟΙ ΔΙΣΚΟΙ

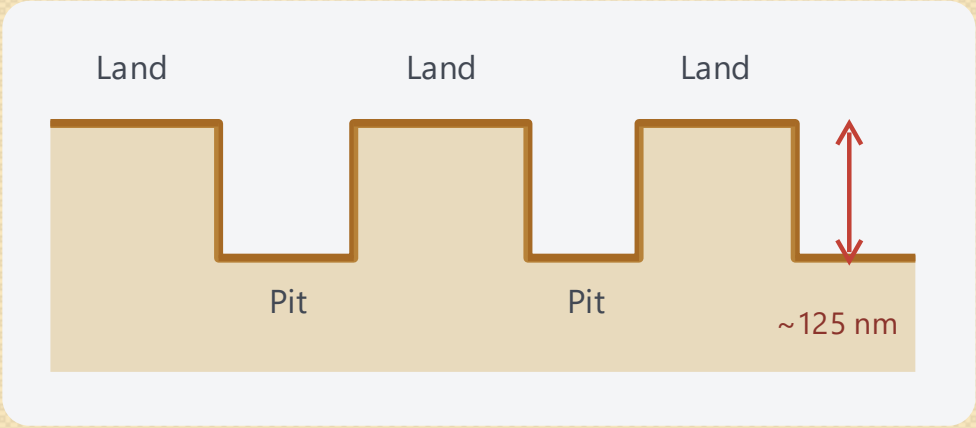
CD – Compact Disc

- Το **CD** είναι ανακάλυψη και δημιουργία των Philips και Sony στα μέσα της δεκαετίας του '80
- Είναι οπτικό μέσο αποθήκευσης, δηλαδή η πληροφορία αποθηκεύεται με **οπτική τεχνολογία**
- Σήμερα κυκλοφορούν CD με τις εξής χωρητικότητες:
  - 650 MByte (74 min)
  - 700 MByte (80 min)
  - 900 MByte (99 min)



Η επιφάνεια του CD στο μικροσκόπιο





Οπτικός Δίσκος (CD): – CD-ROM και αποθήκευση ψηφιακών δεδομένων

- Το CD χρησιμοποιείται και για αποθήκευση άλλων ψηφιακών δεδομένων εκτός του ήχου
- Το **CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)** είναι το βιομηχανικό πρότυπο του CD για αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων για υπολογιστές
- Η **χωρητικότητα** του ξεκινά από τα 650 MB
- Σε κάθε **block** του CD-ROM υπάρχουν 12 bytes για συγχρονισμό, 4 bytes για το header, 2048 bytes για τα δεδομένα του χρήστη και 288 bytes για αναγνώριση και επιδιόρθωση σφαλμάτων (Error Detection and Correction Codes - EDC/ECC)
- Τα CD-ROMs χρησιμοποιούν **access codes** για την προστασία τους από πειρατική χρήση της αποθηκευμένης πληροφορίας

CD-ROM: Πρωτόκολλα και υπολογισμός χωρητικότητας



CD-ROM

Παράμετρος	63 λεπτά	74 λεπτά
Διάρκεια (Minutes per disc)	63	74
Τομείς ανά δευτερόλεπτο (Sectors per second)	75	75
Τομείς ανά λεπτό (Sectors per minute)	4.500	4.500
Bytes ανά τομέα (Bytes per sector)	2.048	2.048
Κωδικοί EDC/ECC* (Error Detection and Correction Codes)	✓	✓
Συνολικοί τομείς ανά δίσκο (Sectors per disc)	283.500	333.000
Συνολικά bytes ανά δίσκο (Bytes per disc)	580.608.000	681.984.000
Χωρητικότητα δίσκου (Disc capacity)	**553,71 MB**	**650,39 MB**

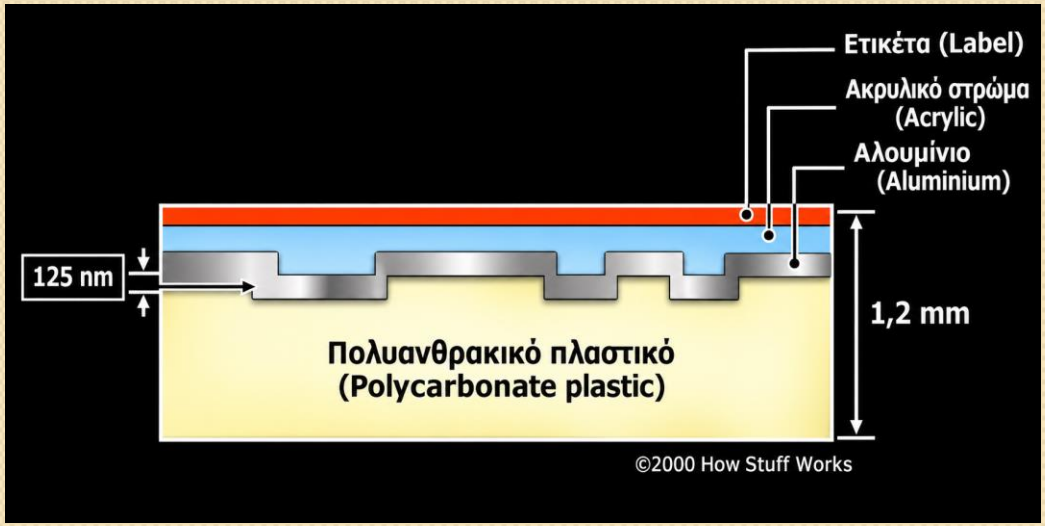
*** EDC/ECC = Error Detection and Correction Codes:**
Κωδικοί για ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων, που εξασφαλίζουν την αξιόπιστη ανάγνωση των δεδομένων.

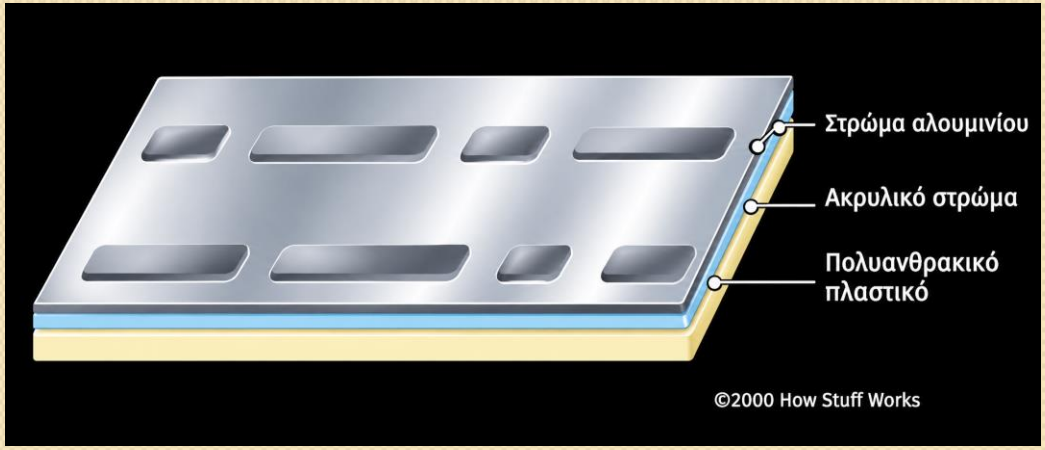
CD – Compact Disc: Μορφές Οπτικής Αποθήκευσης

Υπάρχουν 3 μορφές οπτικής αποθήκευσης:

- **Μόνο Ανάγνωσης (CD-ROM)**
- **Μιας Εγγραφής Πολλαπλών Αναγνώσεων (WORM – Write Once Read Many) (CD-R)**
- **Πολλαπλών Εγγραφών (CD-RW)**

Οπτικός Δίσκος (CD) – Δομή, αποθήκευση δεδομένων και αξιοπιστία



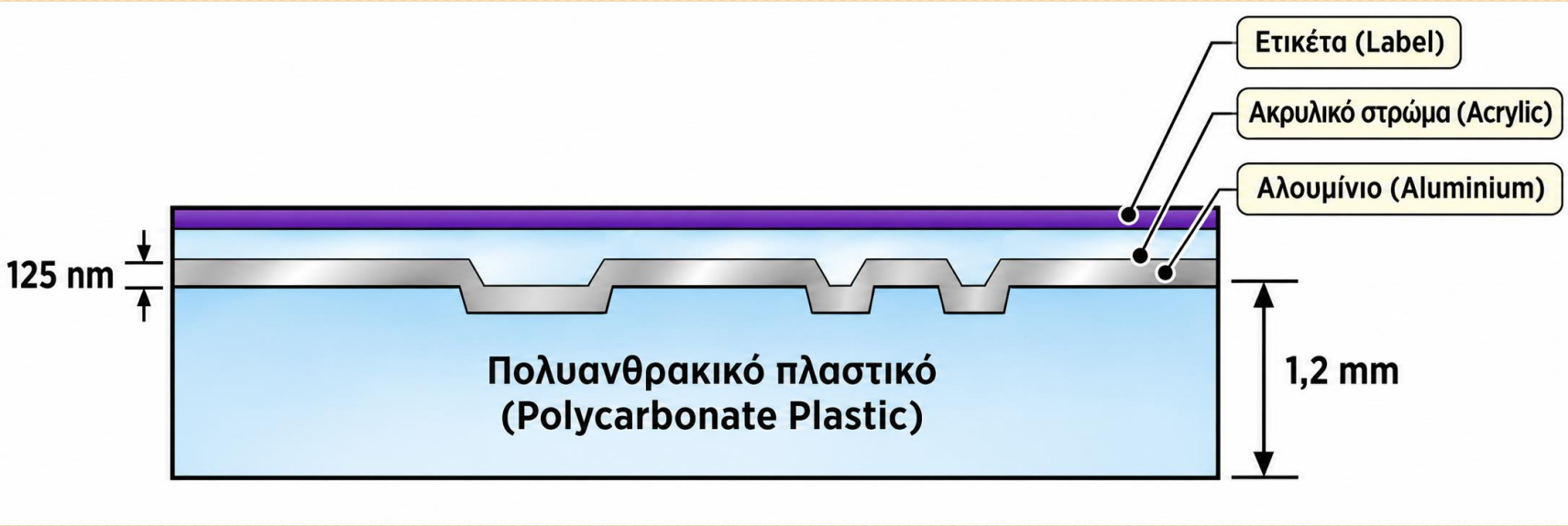


- Το CD αποτελείται από ένα λεπτό **φιλμ αλουμινίου** τοποθετημένο μεταξύ δύο στρωμάτων πλαστικού
- Με ειδικό λέιζερ η ψηφιακή πληροφορία αποθηκεύεται σε **κοιλότητες ("pits")** που έχουν πολύ μικρές διαστάσεις: πλάτος 0.5 μm, min μήκος 0.83 μm και πάχος 125 nm
- Ο οπτικός δίσκος είναι πολύ αξιόπιστος ως αποθηκευτικό μέσο
- Γενικά δεν φθείρεται και διατηρεί τα δεδομένα του ανεξάρτητα από το πόσες φορές θα διαβαστεί

CD – Compact Disc: Στρώματα Κατασκευής

Το CD είναι κατασκευασμένο σε 4 στρώματα:

- Την **ετικέτα**
- Ένα **ακρυλικό υπόστρωμα**
- Ένα **στρώμα από αλουμίνιο**
- Ένα **στρώμα από πλαστικό**



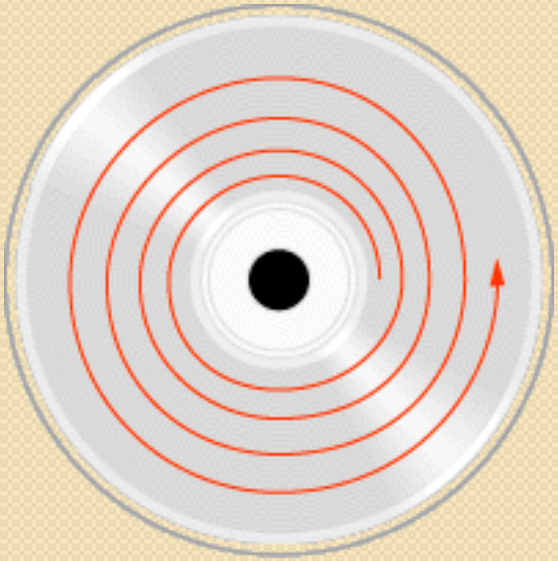
CD – Compact Disc: Στρώματα Κατασκευής

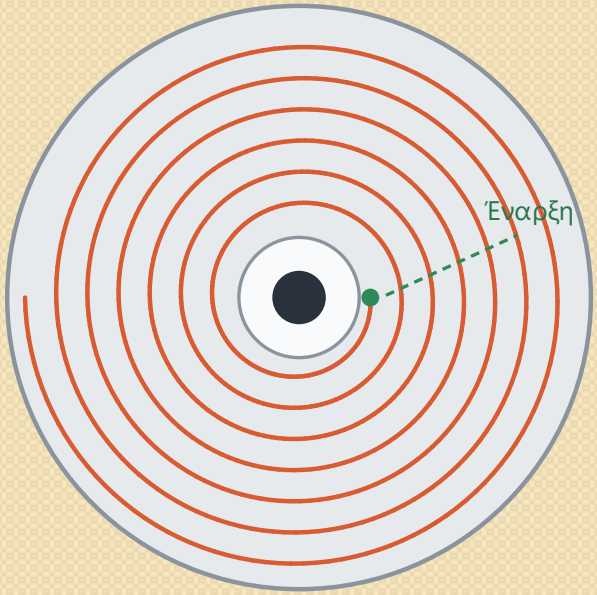


- Ετικέτα
- Ακρυλικό υπόστρωμα
- Στρώμα από αλουμίνιο
- Στρώμα από πλαστικό

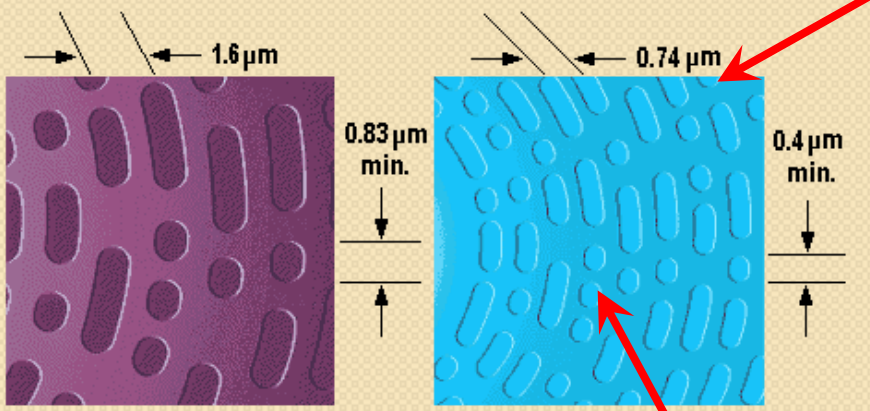
CD – Compact Disc: Σπειροειδής οργάνωση των δεδομένων

- Τα δεδομένα είναι αποθηκευμένα σε **κυκλική μορφή** η οποία ξεκινάει από το κέντρο του CD.
- Το συνολικό μήκος αυτής της γραμμής πλησιάζει τα **4,8 χιλιόμετρα**





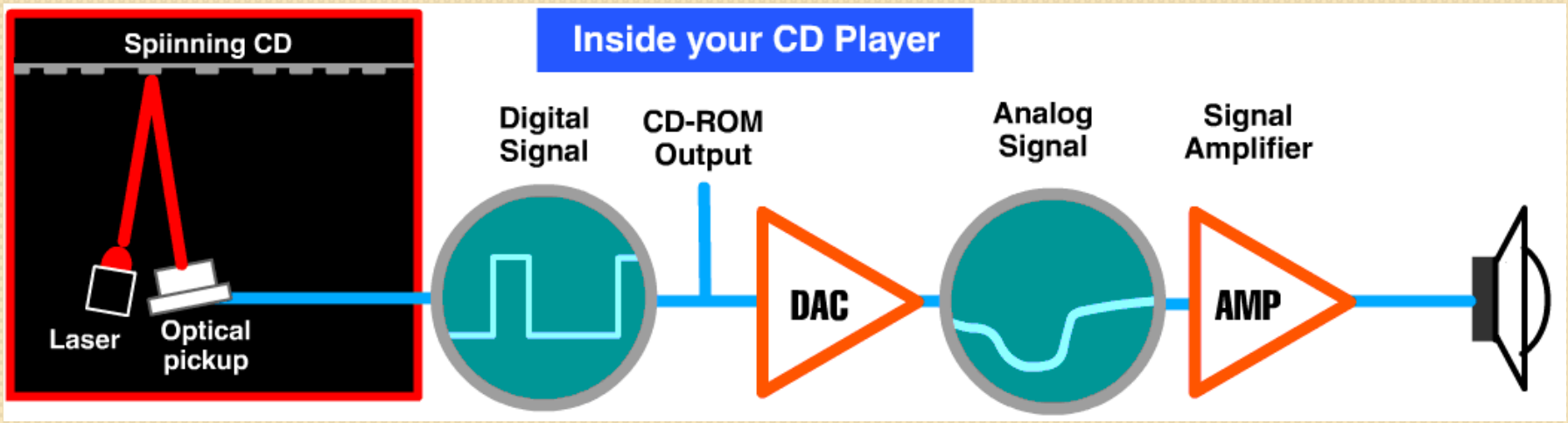
CD – Compact Disc: pits – lands
(Κοιλότητες και Επίπεδες Περιοχές)



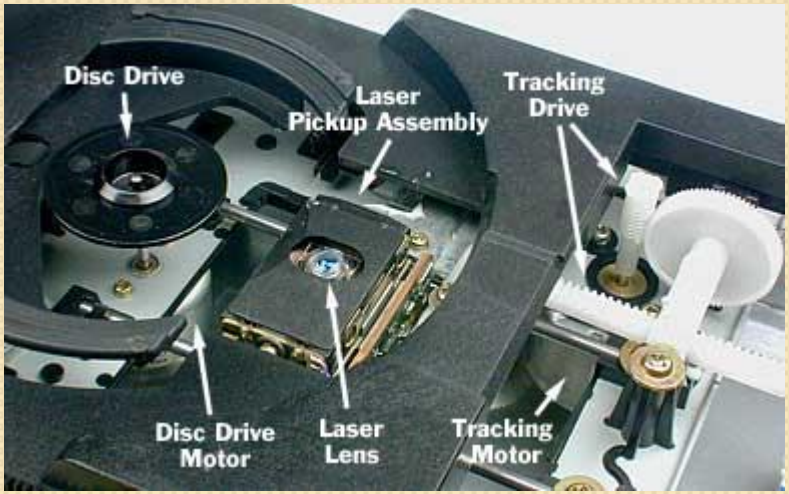
pits

lands

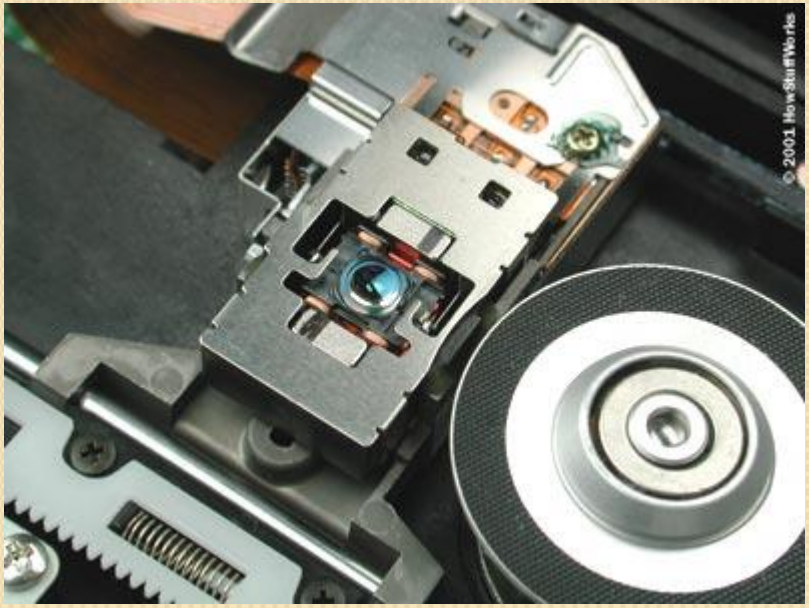
CD – Compact Disc: Από την ανάγνωση των δεδομένων στην αναπαραγωγή του ήχου



CD Player / Burner – Συσκευή Ανάγνωσης και Εγγραφής CD

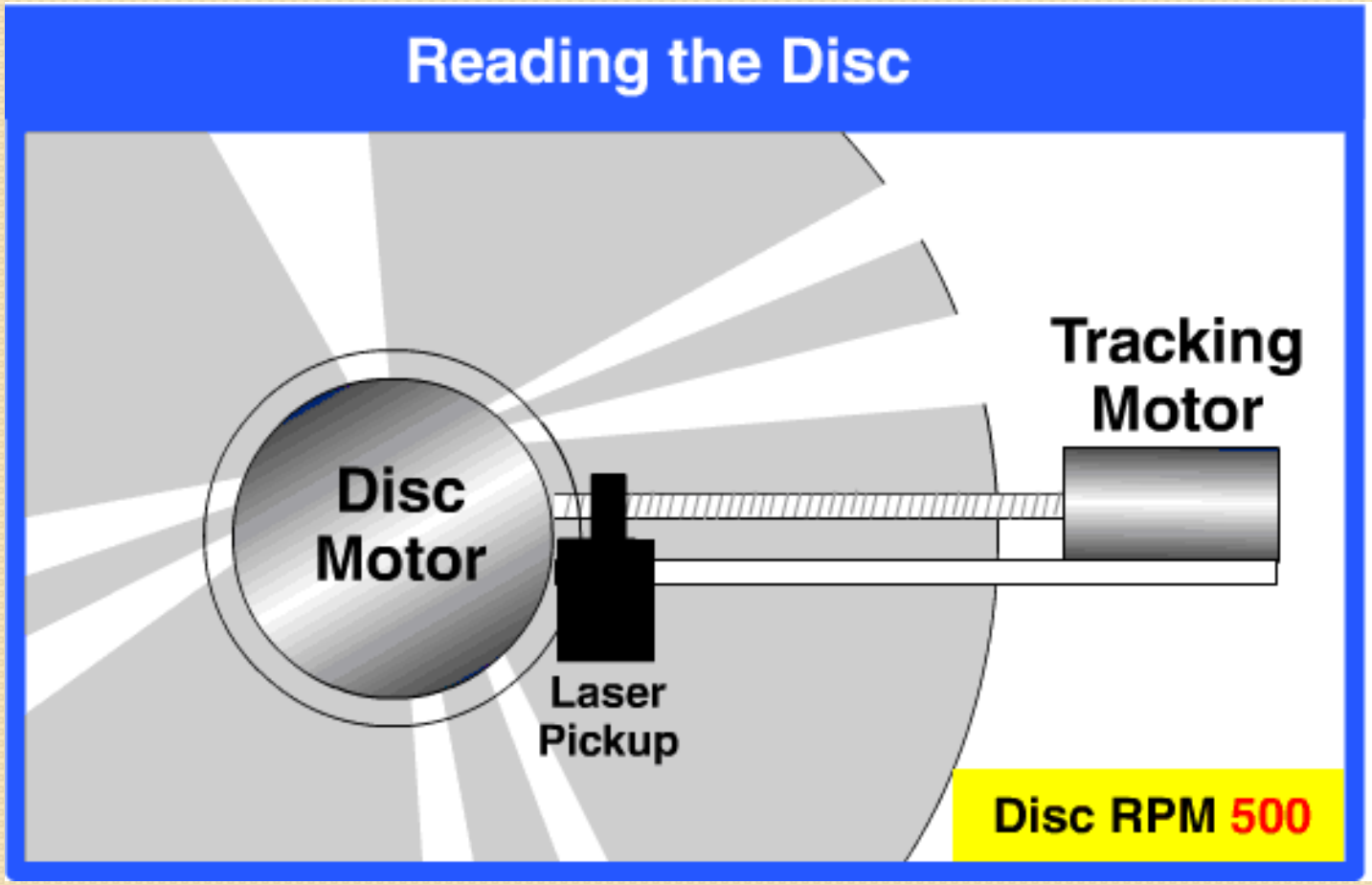




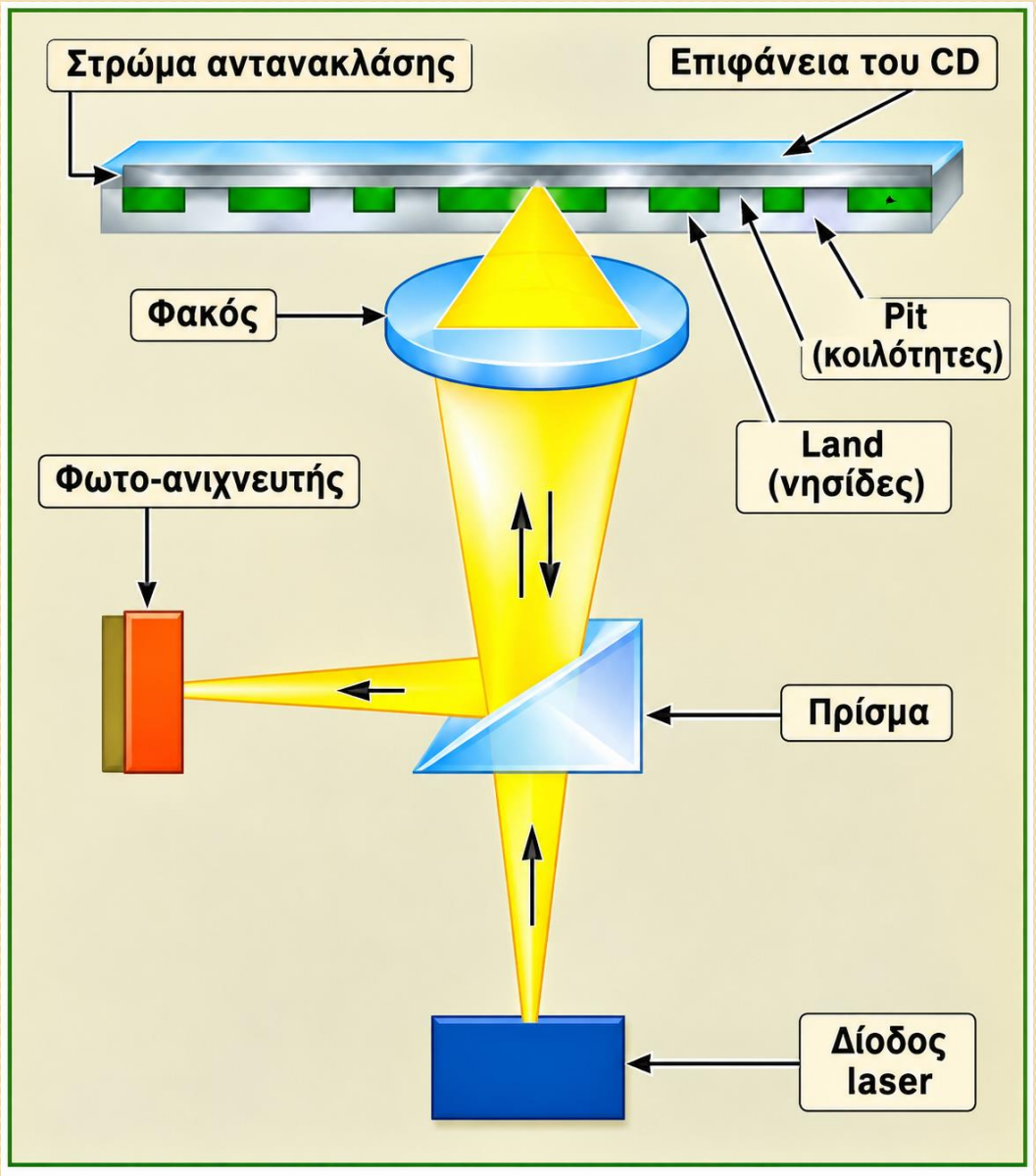


- Υπάρχει ένας μηχανισμός για να γυρνά το CD και ένας άλλος μηχανισμός που σπρώχνει το λέιζερ
- Η ταχύτητα περιστροφής του δίσκου αλλάζει συνεχώς έτσι ώστε να διαβάζονται 75 blocks /sec (κάθε block περιέχει 2352 bytes δεδομένα χρήστη)

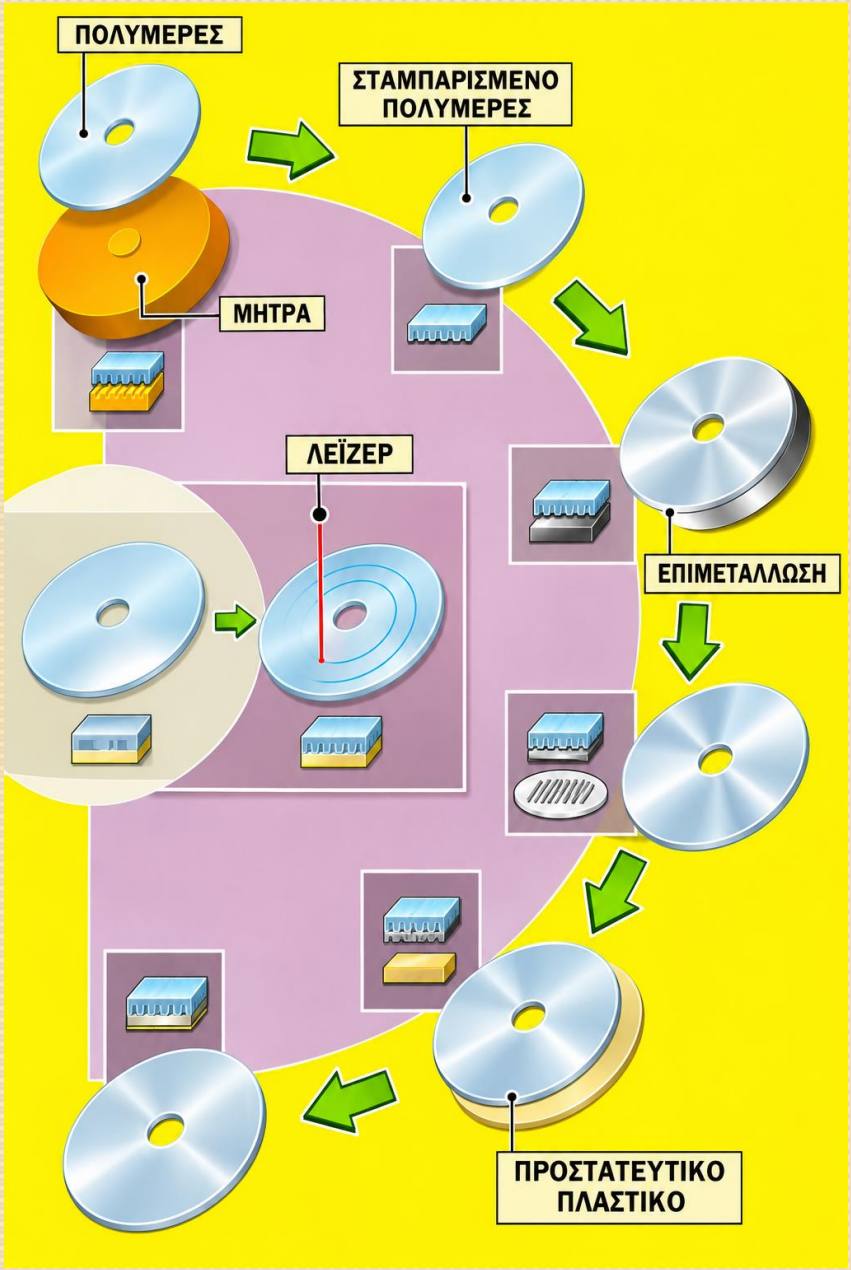
CD – Compact Disc: Μηχανισμός ανάγνωσης του οπτικού δίσκου



Λειτουργία ενός CD-Recorder (Συσκευή εγγραφής CD)



Φάσεις παραγωγής CD



1. Δημιουργία της μήτρας (Mastering)

2. Δημιουργία του πολυμερούς δίσκου

3. Επιμετάλλωση (Metallization)

4. Προστατευτικό στρώμα

5. Εκτύπωση της ετικέτας

6. Έλεγχος ποιότητας και συσκευασία

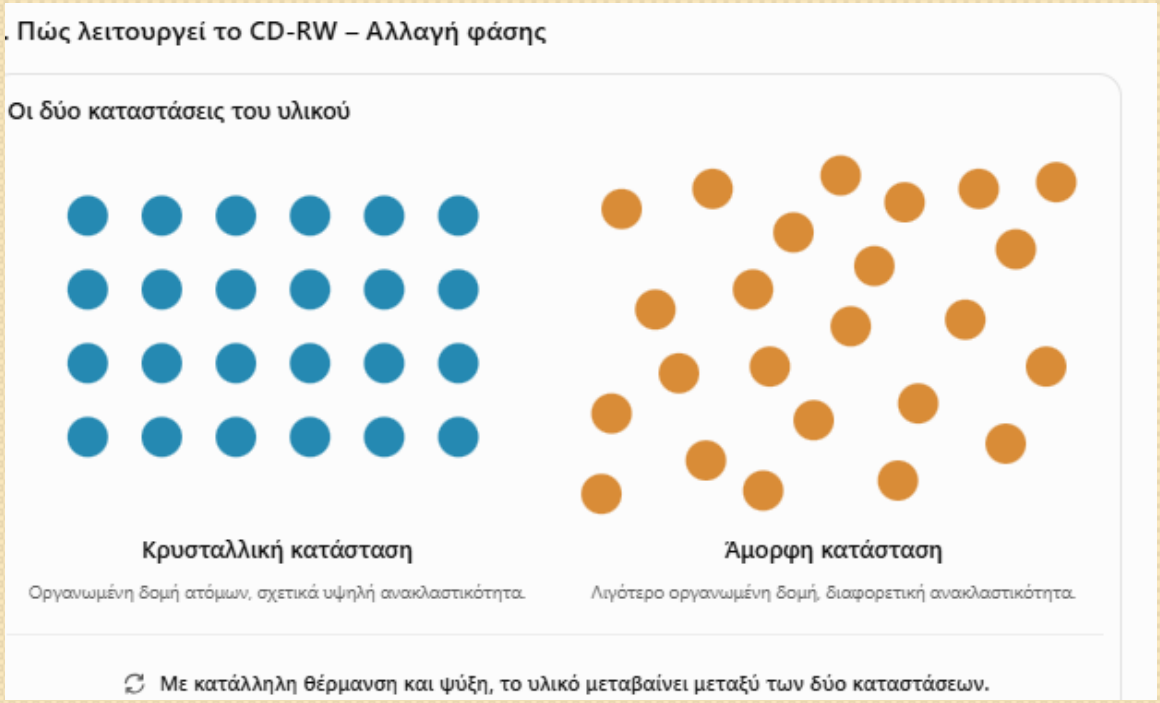
Άλλοι τύποι οπτικών δίσκων: CD-R και CD-RW

Εκτός από τα CD-ROM, υπάρχουν και άλλοι τύποι οπτικών δίσκων:

- **CD-R (Recordable)**, στον οποίο, μπορείτε να γράψετε πληροφορίες, αλλά μόνο μια φορά, με την κατάλληλη συσκευή εγγραφής δίσκων στον υπολογιστή σας
- Το CD-R αντί να έχει το φιλμ αλουμινίου έχει ένα ειδικό αντανακλαστικό υλικό με βαφή
- Όταν το λέιζερ κάψει την βαφή σε ένα σημείο τότε δεν αντανακλά το φως και συμπεριφέρεται σαν μια λακκούβα του Audio-CD

Άλλοι τύποι οπτικών δίσκων: CD-RW

- **CD-RW (ReWritable)**, στον οποίο, με μια συσκευή εγγραφής επανεγγράψιμων δίσκων, μπορείτε να γράψετε και να σβήσετε πληροφορίες πολλές φορές, ακριβώς όπως συμβαίνει με τη δισκέτα
- Αποτελείται από ειδικό υλικό που συμπεριφέρεται διαφορετικά όταν θερμανθεί σε διαφορετικές θερμοκρασίες



Νεότεροι τύποι οπτικών δίσκων

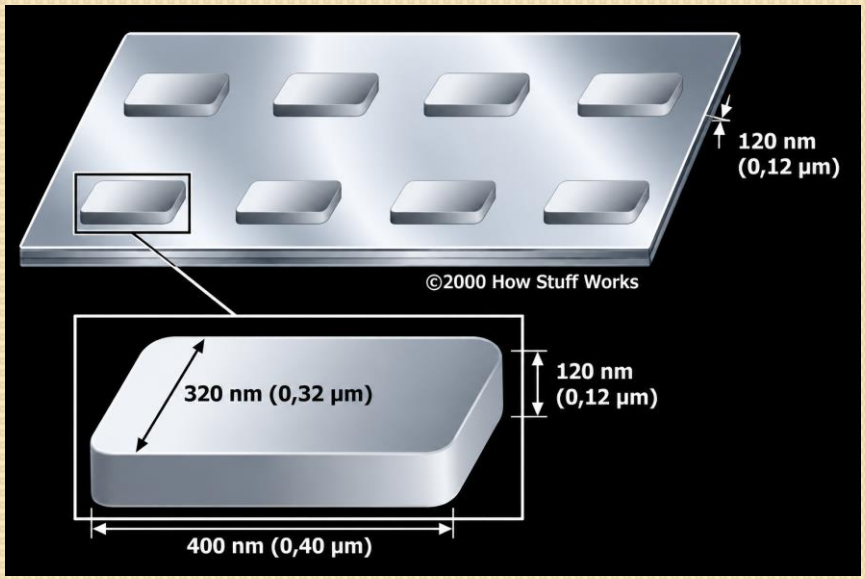




- Το **DVD (Digital Versatile Disc)**, από τα νεότερα οπτικά μέσα αποθήκευσης, το οποίο έχει ελάχιστη χωρητικότητα 4.38 GB
- Όπως και στην περίπτωση των δίσκων CD, υπάρχουν δίσκοι DVD-R που εγγράφονται **μόνο μια φορά**, καθώς και **επανεγγράψιμα DVD-RW**
- Νέα τεχνολογία δίσκων: **Blu-Ray** και **HD-DVD** (ξεπερασμένο)
- Ένας δίσκος DVD μπορεί να διαβαστεί μόνο από οδηγούς DVD, ενώ ένας δίσκος CD μπορεί να διαβαστεί και από οδηγούς CD-ROM και από οδηγούς DVD

Ψηφιακός ευέλικτος δίσκος (Digital Versatile Disc - DVD)





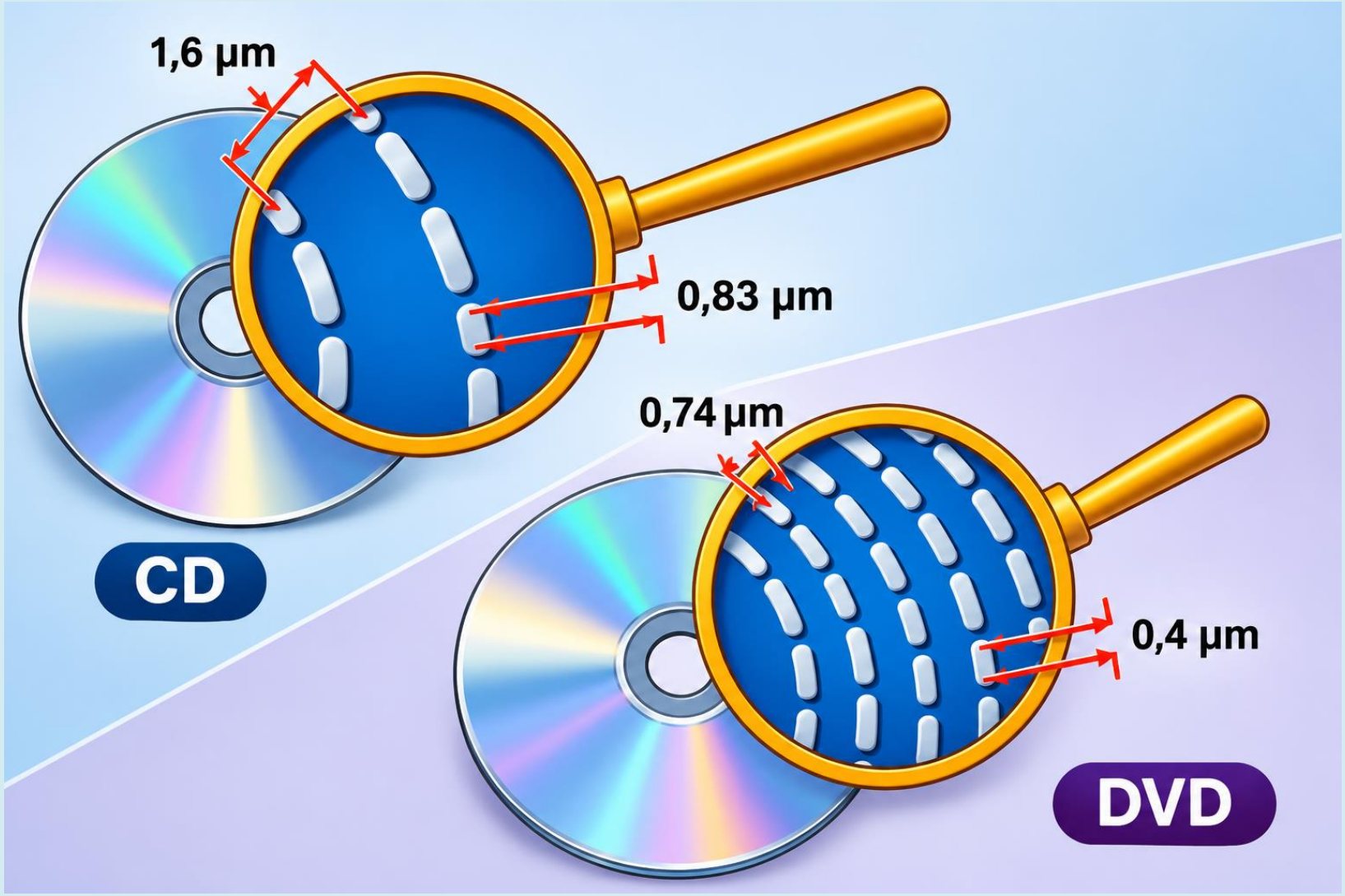
- Πρωτοπαρουσιάστηκε στην αγορά το 1997 για την αποθήκευση ψηφιακού βίντεο
  - Αρχικά ονομαζόταν Digital Video Disc
- Παρόμοιος με το CD αλλά έχει πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από το CD (7 – 25 περίπου φορές μεγαλύτερη ανάλογα με το είδος του DVD)
- Μπορεί να αποθηκεύσει μία ταινία κωδικοποιημένη με πρωτόκολλο συμπίεσης MPEG-2 και επίσης άλλων ειδών πληροφορίες:
  - 135 min video
  - Ήχος (soundtrack) σε 8 γλώσσες
  - Υπότιτλους σε 32 γλώσσες
  - Ή 8 ώρες ψηφιακού ήχου CD ποιότητας
- Χρησιμοποιεί λέιζερ με μήκος κύματος 635 / 650 nm (κόκκινο)
  - Έχει λακκούβες μικρότερου μεγέθους
  - => χωράει περισσότερα tracks

DVD – Digital Versatile Disc (Ψηφιακός Δίσκος Πολλαπλών Χρήσεων)

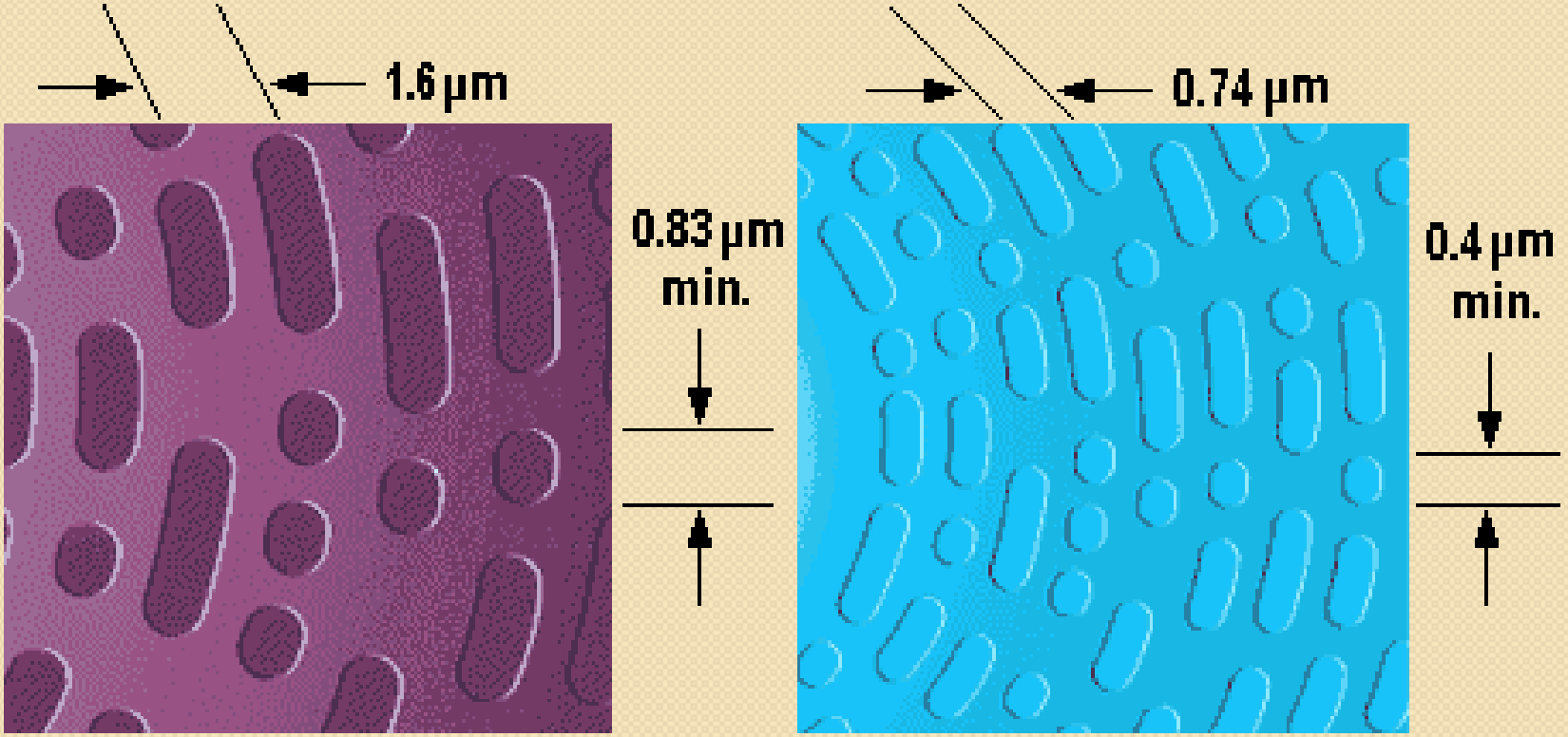
- Είναι **οπτικό μέσο** αποθήκευσης, δηλαδή η πληροφορία αποθηκεύεται με **οπτική τεχνολογία**
- Σήμερα κυκλοφορούν DVD με τις εξής χωρητικότητες:

Τύπος DVD	Πλευρές δεδομένων	Στρώσεις ανά πλευρά	Χωρητικότητα
DVD-5	1	1	4,7 GB
DVD-9	1	2	8,5 GB
DVD-10	2	1	9,4 GB
DVD-18	2	2	17 GB

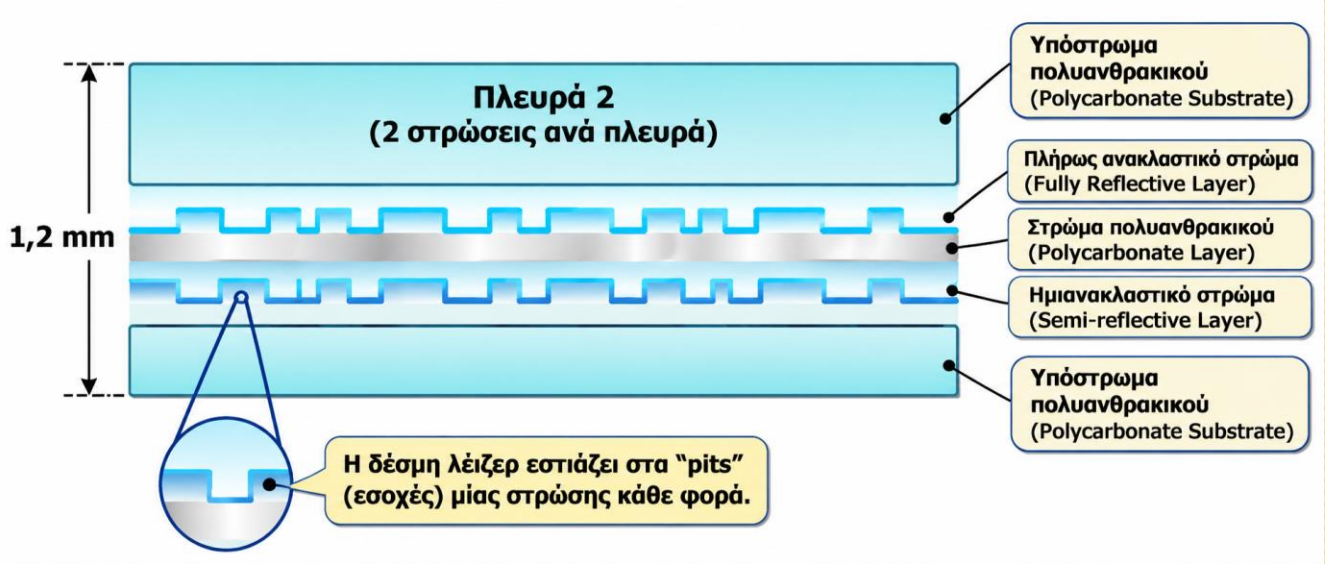
Σύγκριση διάταξης πληροφοριών σε CD και DVD



DVD – Digital Versatile Disc



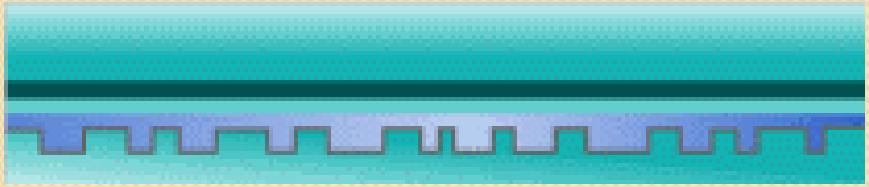
DVD – Δίσκοι διπλής στρώσης (Dual-Layer DVD)



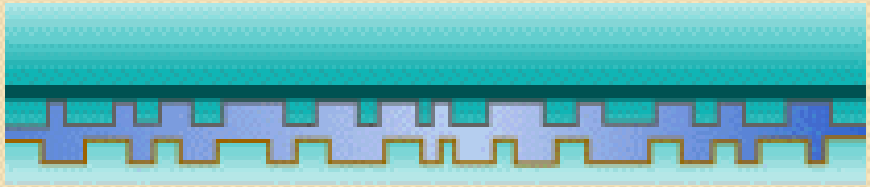
- Μπορεί να έχει 2 στρώματα ημιαντανακλαστικού υλικού με πληροφορίες σε κάθε πλευρά του
- Επειδή το δεύτερο στρώμα δεν αντανακλά όσο καλά όπως το πρώτο, η χωρητικότητα δεν διπλασιάζεται ($4,7 + 3,8 = 8,5 \times 10^9$ bytes)
- Το λέιζερ εστιάζεται για να διαβάσει το κάθε στρώμα ξεχωριστά
- Όλα τα DVD players μπορούν να διαβάσουν δίσκους με δύο στρώματα

DVD – Digital Versatile Disc
Σύγκριση DVD μονής και διπλής στρώσης

Single-sided, single layer (4.7GB)



Single-sided, double layer (8.5GB)

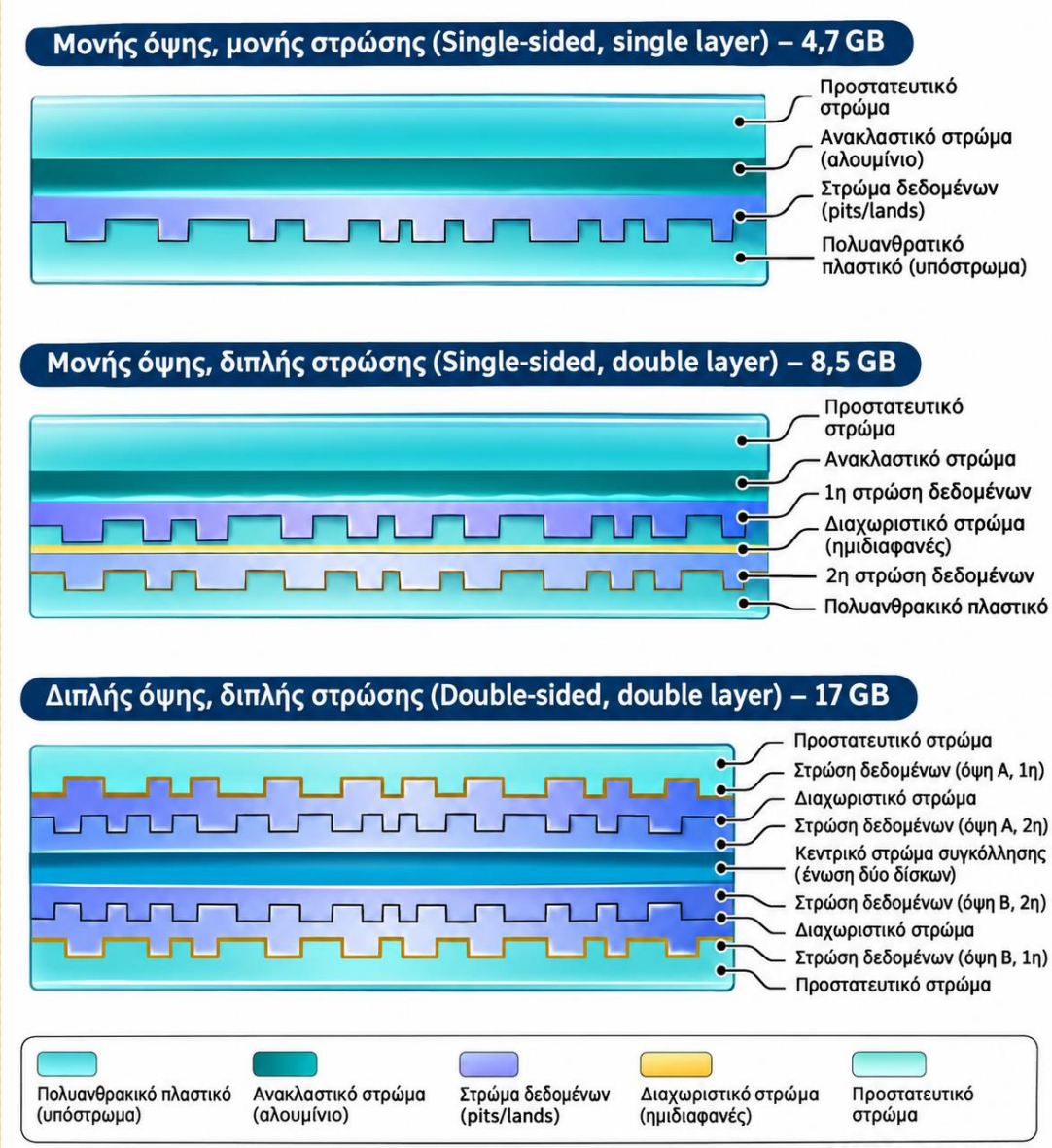


Double-sided, double layer (17GB)



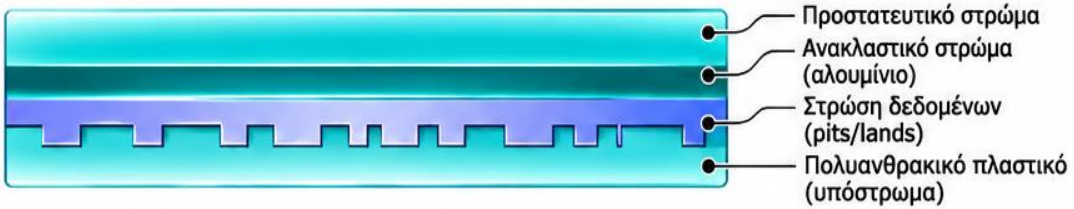
DVD – Digital Versatile Disc

Εσωτερική δομή DVD μονής και διπλής στρώσης

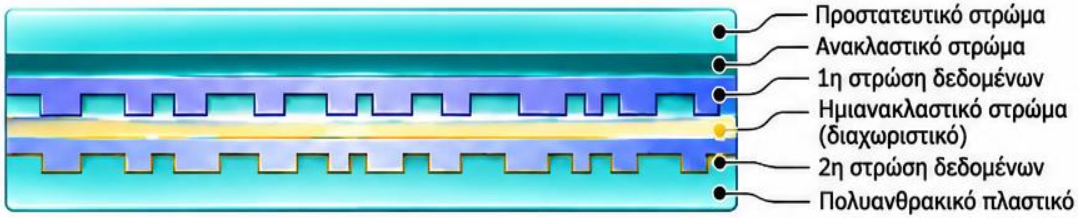


Τύποι DVD – Δομή και Χωρητικότητα

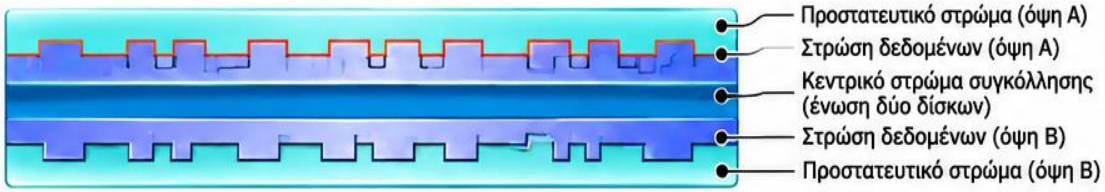
DVD-5: Μονής όψης, μονής στρώσης (Single-sided, single layer) – 4,7 GB



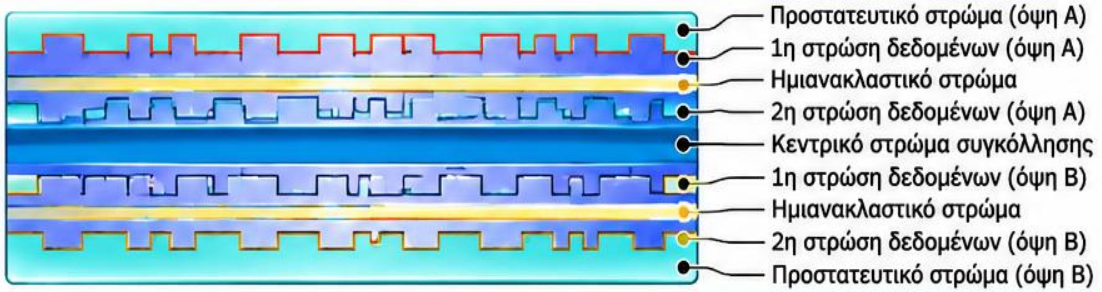
DVD-9: Μονής όψης, διπλής στρώσης (Single-sided, double layer) – 8,5 GB



DVD-10: Διπλής όψης, μονής στρώσης (Double-sided, single layer) – 9,4 GB



DVD-18: Διπλής όψης, διπλής στρώσης (Double-sided, double layer) – 17 GB



Τύπος DVD	Όψεις	Στρώσεις ανά όψη	Συνολικές στρώσεις	Χωρητικότητα (GB)
DVD-5	1	1	1	4,7
DVD-9	1	2	2	8,5
DVD-10	2	1	2	9,4
DVD-18	2	2	4	17

Υπόμνημα στρωμάτων

- **Πολυανθρακικό πλαστικό (υπόστρωμα)** (διαφανές και ανθεκτικό ύλικό)
- **Ανακλαστικό στρώμα (αλουμίνιο)** (ανακλά το φως του λέιζερ)
- **Στρώση δεδομένων (pits/lands)** (περιέχει τις ψηφιακές πληροφορίες)
- **Ημιανακλαστικό στρώμα** (ανακλά μέρος του φωτός και επιτρέπει τη διέλευση του υπολοίπου)
- **Κεντρικό στρώμα συγκόλλησης** (ένωση δύο δίσκων για δημιουργία δύο όψεων)
- **Προστατευτικό στρώμα** (προστατεύει τις εσωτερικές στρώσεις)

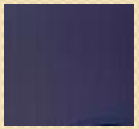
Blu-ray – Η εξέλιξη των οπτικών δίσκων

- Η τεχνολογία **Blu-ray** αποτελεί την εξέλιξη των οπτικών δίσκων (DVD/CD), προσφέροντας πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα και υποστήριξη **υψηλής ευκρίνειας (High Definition)**
- Γιατί ονομάζεται έτσι (χρήση **μπλε-βιολετί** λέιζερ αντί για κόκκινου στα DVD)



Blu-ray – Βασικά Χαρακτηριστικά και Προδιαγραφές

- **Μήκος κύματος λέιζερ**: ~405 nm (μπλε-βιολετί)
- **Χωρητικότητα**: 25 GB (μονής στρώσης / single-layer) έως 50 GB (διπλής στρώσης / dual-layer)
- **Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων**: υψηλότερη από τα DVD (περίπου 36 Mbps και άνω)



Τύποι Δίσκων Blu-ray

- **BD-ROM**: Μόνο για ανάγνωση (ταινίες, παιχνίδια PS3/PS4/PS5)
- **BD-R**: Εγγραφής μίας φοράς (Recordable)
- **BD-RE / BD-RW**: Επανεγγραφόμενοι (Rewritable)

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Blu-ray

Πλεονεκτήματα

- Μεγάλη χωρητικότητα σε σύγκριση με CD και DVD
- Εξαιρετική ποιότητα εικόνας/ήχου που οφείλεται στη δυνατότητα αποθήκευσης περιεχομένου υψηλής ποιότητας
- Οι περισσότερες συσκευές Blu-ray υποστηρίζουν αναπαραγωγή DVD

Μειονεκτήματα

- Υψηλότερο κόστος δίσκων και συσκευών αναπαραγωγής
- Μικρότερη πρακτικότητα σε σχέση με USB flash drives, εξωτερικούς SSD και υπηρεσίες cloud για καθημερινή χρήση

Σύγκριση DVD και Blu-ray

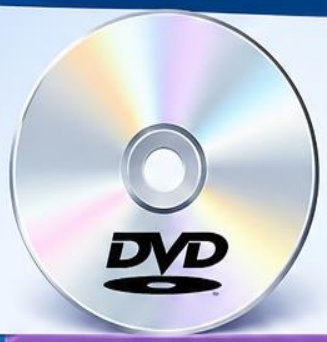
- **DVD**: ~4.7 GB (μονής όψης), αναλύσεις 720 × 576 (PAL) ή 720 × 480 (NTSC), οι οποίες ανήκουν στην τυπική ευκρίνεια (SD)
- **Blu-ray**: 25GB – 50GB, ανάλυση Full HD (1080p) και 4K Ultra HD (66 GB/100 GB)
- **Ανθεκτικότητα**: Ειδική σκληρή επίστρωση (hard coating) κατά των γρατσουνιών και των δακτυλικών αποτυπωμάτων

Συγκριτικός πίνακας CD, DVD και Blu-ray

Χαρακτηριστικό	CD	DVD	Blu-ray
Έτος εμπορικής εισαγωγής	1982	1996	2006
Διάμετρος	12 cm	12 cm	12 cm
Λέιζερ	Υπέρυθρο	Κόκκινο	Μπλε-ιώδες
Μήκος κύματος	780 nm	650 nm	405 nm
Χωρητικότητα μονής στρώσης	700 MB	4,7 GB	25 GB
Χωρητικότητα διπλής στρώσης	—	8,5 GB	50 GB
Απόσταση διαδρομών	1,6 μm	0,74 μm	0,32 μm

- Οι χωρητικότητες είναι ονομαστικές και αφορούν συνήθεις δίσκους 12 cm
- Υπάρχουν και εκδόσεις Blu-ray μεγαλύτερης χωρητικότητας

Σύγκριση DVD, CD και Blu-Ray







Χαρακτηριστικό	DVD	CD	Blu-Ray
Διάμετρος δίσκου	120 mm	120 mm	120 mm
Πάχος δίσκου	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm
Τεχνολογία λέιζερ	**Κόκκινο** (635/650 nm)	**Υπέρυθρο** (780 nm)	**Μπλε** (405 nm)
Ελάχιστο μέγεθος εσοχής (pit)	0,40 μm	0,83 μm	0,15 μm
Απόσταση τροχιών (track pitch)	0,74 μm	1,60 μm	0,32 μm
Στρώσεις (layers)	1, 2 ή 4	1	1 ή 2*
Χωρητικότητα ανά στρώση	**4,38 GB**	0,64 GB	**23,28 GB**
Μέγιστη συνολική χωρητικότητα	**4,38 – 15,90 GB**	0,64 GB	**46,56 GB**

* 2 στρώσεις για την ώρα (dual layer).

1 GB = 2^{30} bytes => 4,38 GB = $4,7 \times 10^{9}$ bytes

Ονομαστική ταχύτητα 1X για CD, DVD και Blu-ray

- Η ονομαστική ταχύτητα 1X είναι η βασική ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων ενός οπτικού οδηγού (drive).
- Διαφέρει μεταξύ CD, DVD και Blu-ray.

Οπτικό μέσο	Ταχύτητα 1X	Σε MB/s
CD	150 KB/s	0,15 MB/s
DVD	1.385 KB/s	1,385 MB/s
Blu-ray	4.500 KB/s	4,5 MB/s

Άσκηση για CD

- Μια βασική παράμετρος για τον χαρακτηρισμό ενός CD drive είναι η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων που εκφράζεται από το X. Γνωρίζετε πόσο είναι το 1X στον οδηγό CD;
- Αν υποτεθεί ότι διαθέτουμε έναν οδηγό CD-ROM 54X στον οποίο βρίσκεται ένα CD-ROM με 540 MB δεδομένων, τα οποία θέλουμε να τα αντιγράψουμε στον σκληρό μας δίσκο. Μπορείτε να κάνετε τον απαραίτητο υπολογισμό του χρόνου (σε δευτερόλεπτα) για την ανάγνωση από το CD-ROM;
- Ένας οδηγός CD-ROM έχει ταχύτητα 48X. Πόσος είναι ο θεωρητικός χρόνος ανάγνωσης 700 MB δεδομένων;

Άσκηση για DVD

- Μια βασική παράμετρος για τον χαρακτηρισμό ενός DVD drive είναι η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων που εκφράζεται από το Χ. Γνωρίζετε πόσο είναι το 1Χ στον οδηγό DVD;
- Αν υποτεθεί ότι διαθέτουμε έναν οδηγό DVD-ROM 20Χ στον οποίο βρίσκεται ένα DVD-ROM με 5GB δεδομένων, τα οποία θέλουμε να τα αντιγράψουμε στον σκληρό μας δίσκο. Μπορείτε να κάνετε τον απαραίτητο υπολογισμό του χρόνου (σε λεπτά) για την ανάγνωση από το DVD-ROM;

  Παρατήρηση: Για την διευκόλυνση σας στους υπολογισμούς 1024x1024=1048576
- Ένας οδηγός DVD-ROM διαβάζει έναν δίσκο με ταχύτητα 16Χ. Πόσος χρόνος χρειάζεται θεωρητικά για την ανάγνωση 4,7 GB δεδομένων;

Άσκηση για Blu-ray

- Μια βασική παράμετρος για τον χαρακτηρισμό ενός Blu-ray drive είναι η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων που εκφράζεται από το X. Γνωρίζετε πόσο είναι το 1X στον οδηγό Blu-ray;
- Ένας υπολογιστής διαθέτει έναν οδηγό Blu-ray BD-ROM ταχύτητας 8X. Στον οδηγό τοποθετούμε έναν δίσκο Blu-ray που περιέχει 25 GB δεδομένων, τα οποία θέλουμε να αντιγράψουμε στον σκληρό δίσκο του υπολογιστή. Ζητούνται:
  - Ποια είναι η ονομαστική ταχύτητα ανάγνωσης του οδηγού Blu-ray 8X σε MB/s;
  - Πόσος χρόνος απαιτείται θεωρητικά για την ανάγνωση των 25 GB δεδομένων, σε δευτερόλεπτα;
  - Πόσος είναι ο χρόνος αυτός σε λεπτά και δευτερόλεπτα;

Άσκηση για Blu-ray

- Ένας οδηγός Blu-ray λειτουργεί με ταχύτητα 12X και πρέπει να διαβάσει 50 GB δεδομένων.
- Πόσος είναι ο θεωρητικός χρόνος ανάγνωσης;