Χρήση Αντικειμενοστραφούς Προγραμματισμού στον Υπολογιστικό Ηλεκτρομαγνητισμό

Εφαρμογή

- Υλοποίηση βιβλιοθήκης για προσομοίωση Η/Μ διατάξεων με MAS

Εργαλεία

- Γλώσσα Προγραμματισμού C++

Τεχνικές OOP

- Κληρονομικότητα (Inheritance)
- Πολυμορφισμός (Polymorphism)
- Απόκρυψη Πληροφορίας (Information hiding)
- Ενθυλάκωση (Encapsulation)

Αντικείμενα και κλάσεις

Κλάσεις γεωμετρίας

- `point2d, point3d, coord_cart`
- `geom, geom_linear, geom_planar, geom_cyl_2d, geom_cyl_3d`

Κλάσεις διανυσμάτων

`vector_cart3d, vector_sph, vector_cyl`

Κλάσεις Η/Μ πηγών (AS)

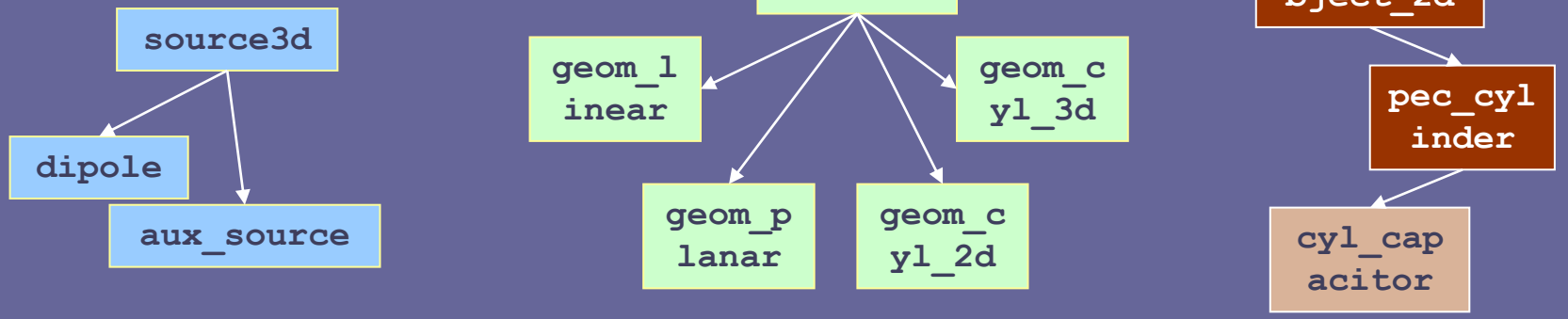
`wire, source3d, dipole, aux_source`

Κλάσεις βασικών Η/Μ διατάξεων

`mas_object_2d, pec_mas_object_2d, mas_object_3d, pec_mas_object_3d, pec_cylinder, infinite_strip, …`

Κληρονομικότητα και πολυμορφισμός

Κληρονομικότητα



Πολυμορφισμός

Κατασκευαστές κλάσεων (class constructors)

```
[MAS_OBJECT_2D::GetEMField_in]
        (positive k, POINT2D p2d)
        (positive k, positive rho, double phi)
```

Απόκρυψη πληροφορίας – Ενθυλάκωση

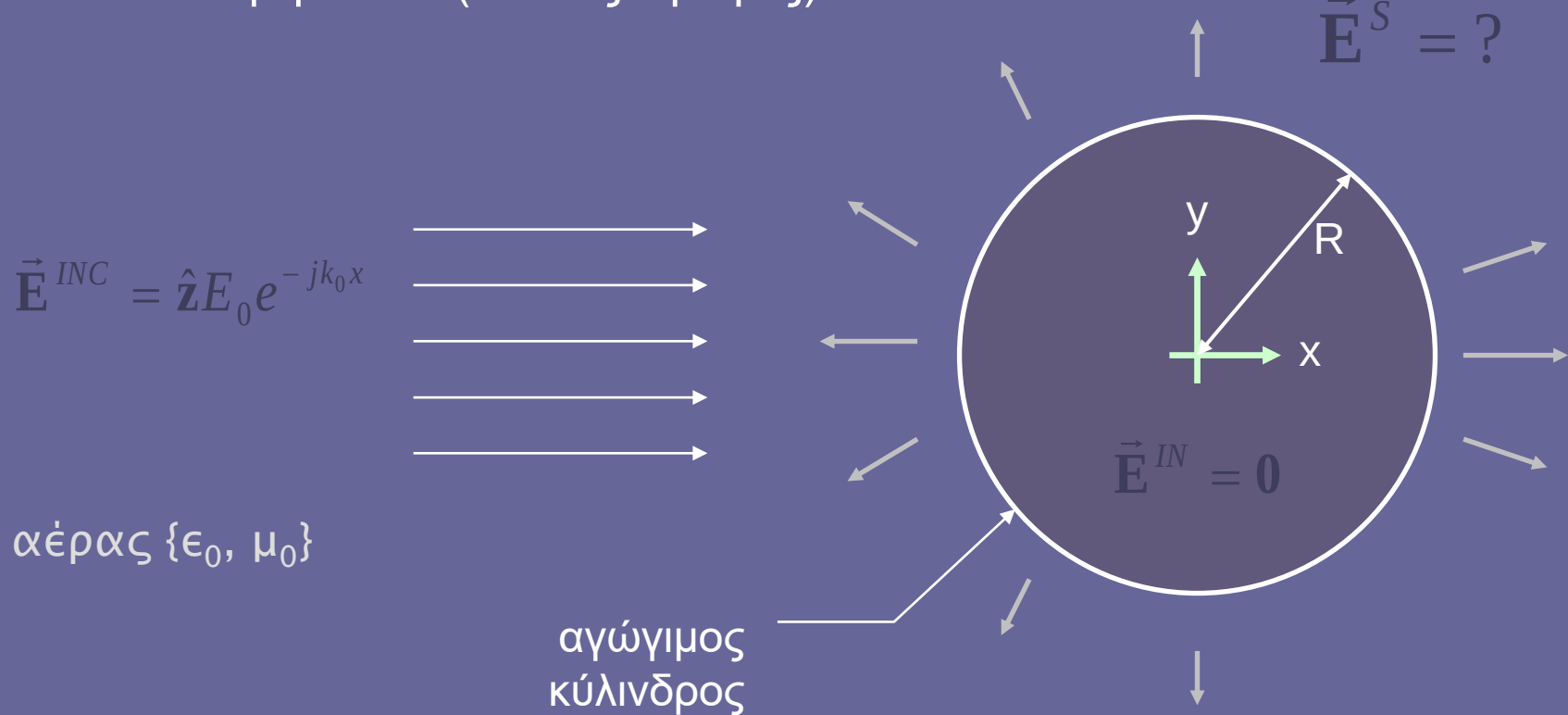
- **`private` ιδιότητες (`protected, public`)**
- **αφαιρετικότητα (π. χ. *x, y, z* συντεταγμένες του `point3d`)**
- **διεπαφή μέσω συγκεκριμένων μεθόδων (π.χ. `wire::GetI0()`)**
- **τμήματα κώδικα σε *μαύρο κουτί* (βιβλιοθήκες)**

2D πρόβλημα σκέδασης από αγώγιμο κύλινδρο απείρου μήκους

1. Γεωμετρία του προβλήματος

προσπίπτον πεδίο: επίπεδο κύμα (TM πόλωση)

εσωτερικό πεδίο: μηδενικό (τέλειος αγωγός)



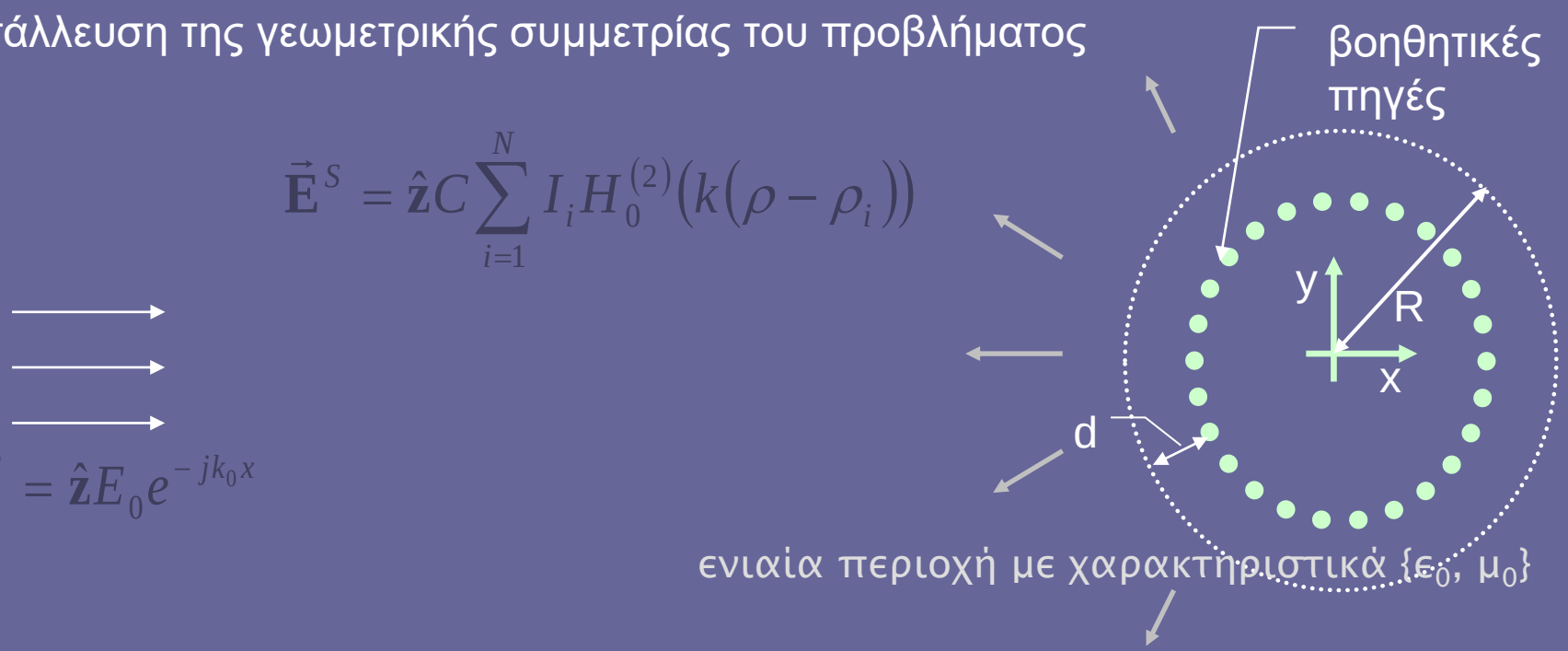
2D πρόβλημα σκέδασης από αγώγιμο κύλινδρο απείρου μήκους

2. Ισοδύναμο πρόβλημα MAS

- Επιλογή βοηθητικών πηγών: *N* ευθύγραμμες ρευματικές κατανομές απείρου μήκους κατά z, με άγνωστο πλάτος διέγερσης
- Τοποθέτηση βοηθητικών πηγών: σύμμορφη επιφάνεια
- Εκμετάλλευση της γεωμετρικής συμμετρίας του προβλήματος

$$\vec{\mathbf{E}}^{S} = \hat{\mathbf{z}} C \sum_{i=1}^{N} I_i H_0^{(2)}\left(k\left(\rho - \rho_i\right)\right)$$

$$\vec{\mathbf{E}}^{INC} = \hat{\mathbf{z}} E_0 e^{-jk_0 x}$$



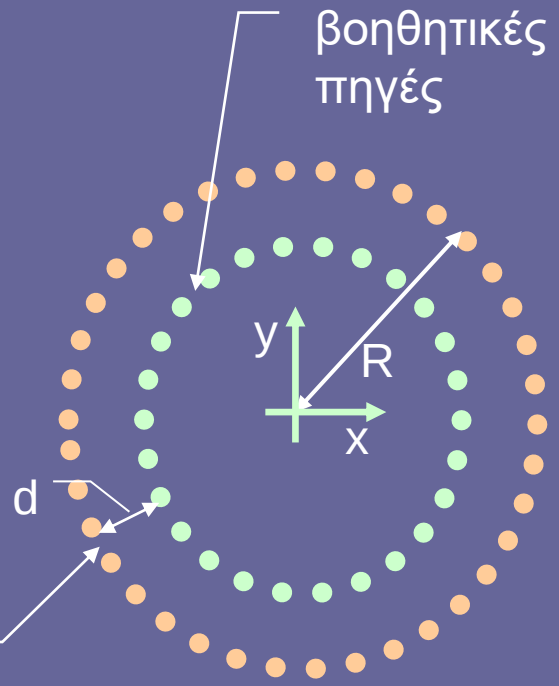
2D πρόβλημα σκέδασης από αγώγιμο κύλινδρο απείρου μήκους

3. Επίλυση ισοδύναμου προβλήματος

- Collocation Points (CPs) και εφαρμογή των οριακών συνθηκών του προβλήματος

- Σε κάθε CP ισχύει: $\vec{\mathbf{E}}^{INC} + \vec{\mathbf{E}}^{S} = \vec{\mathbf{E}}^{IN} = \mathbf{0}$

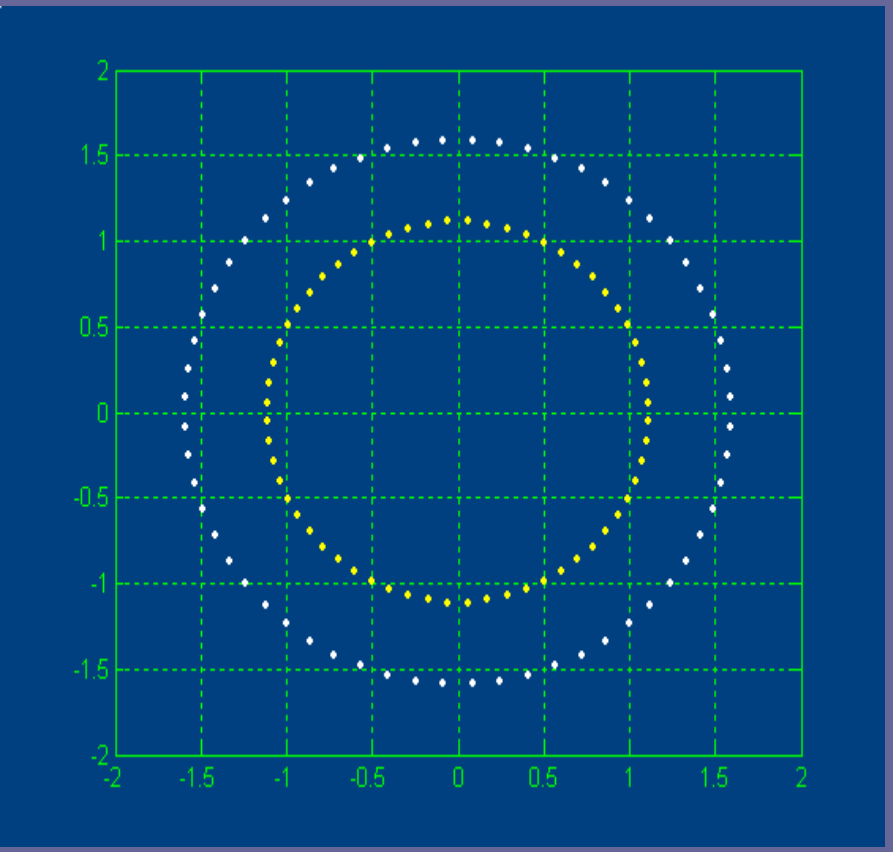
- Άγνωστα μεγέθη: τα ρευματικά πλάτη I_i
- Κατάστρωση του $N \times N$ πίνακα του γραμμικού συστήματος
- Επίλυση του γραμμικού συστήματος

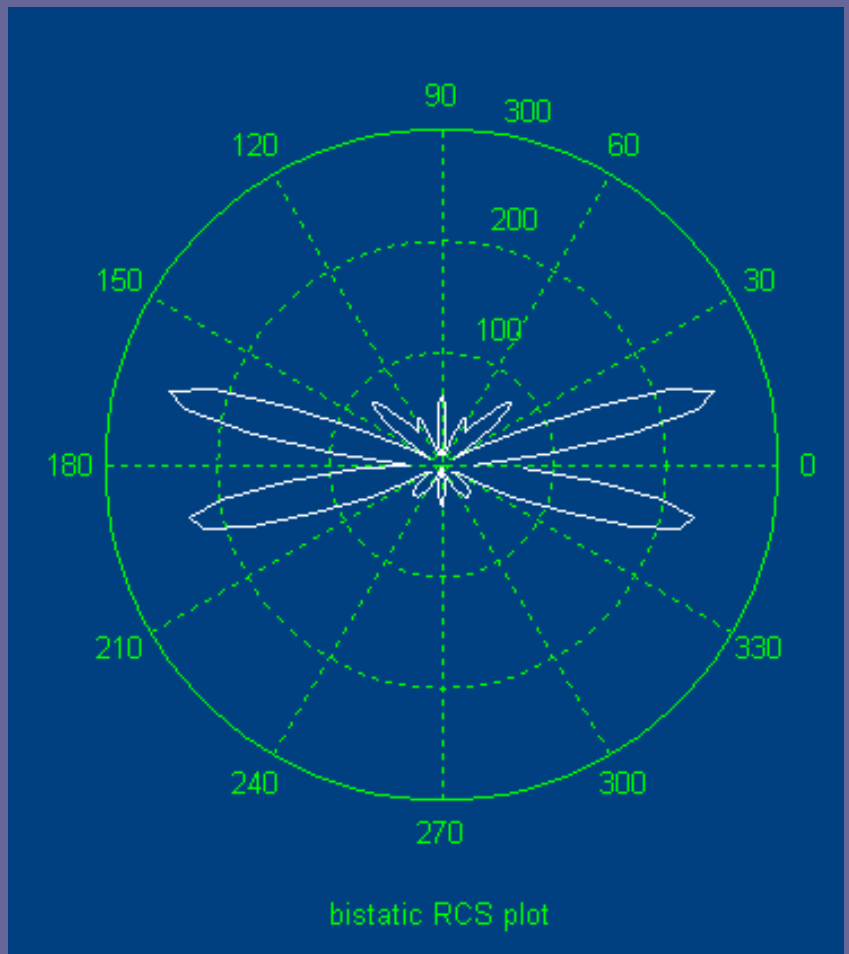


2D πρόβλημα σκέδασης από αγώγιμο κύλινδρο απείρου μήκους

4. Παρουσίαση της λύσης του προβλήματος (RCS)

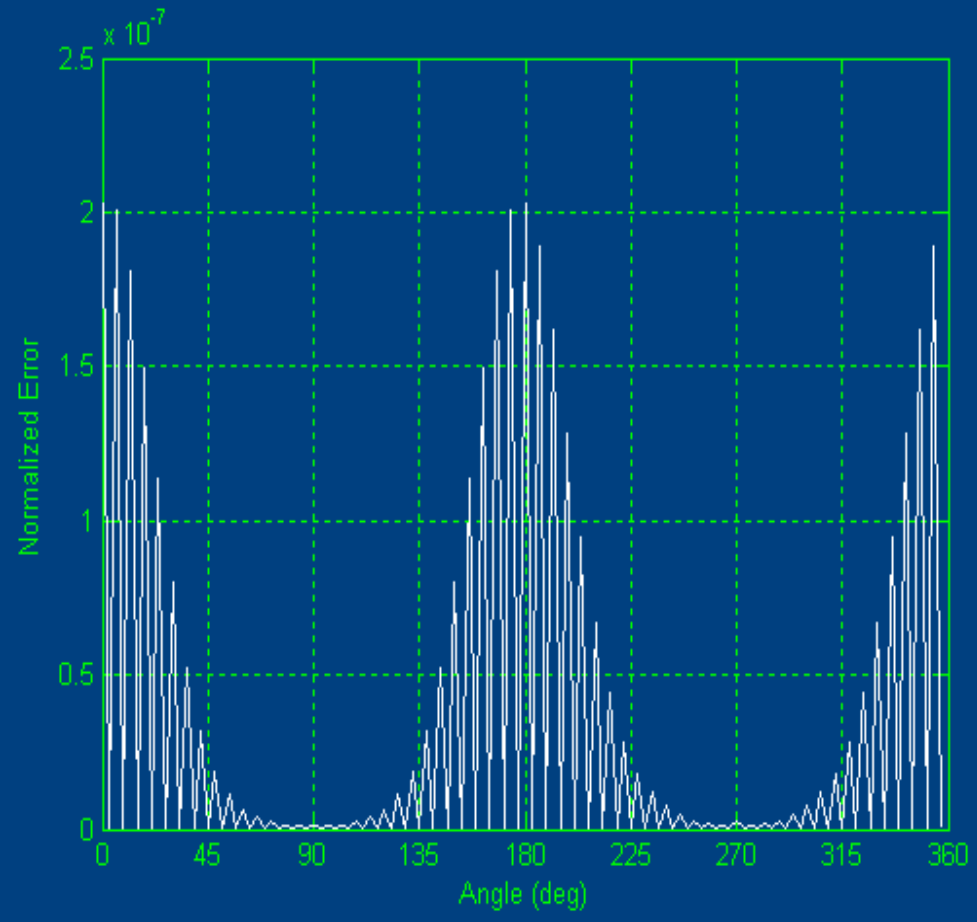
R = 1.6 λ, N = 60, d = 0.3 R

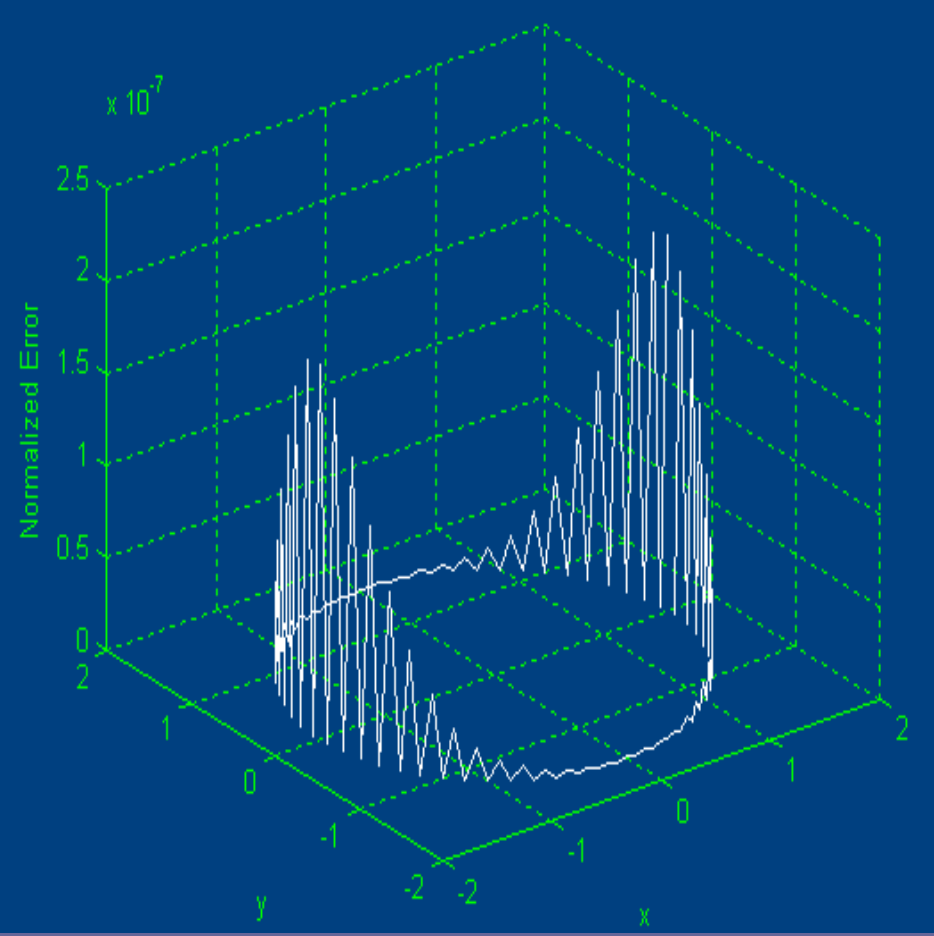




2D πρόβλημα σκέδασης από αγώγιμο κύλινδρο απείρου μήκους

5. Σφάλματα και Αιτιολόγηση

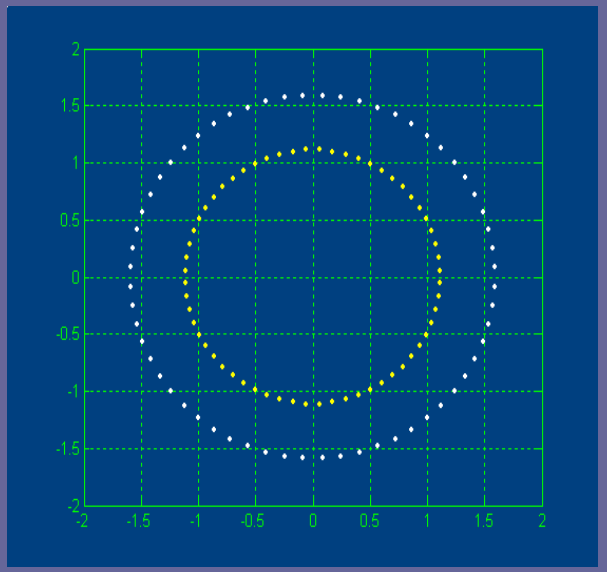




Κατάστρωση γεωμετρίας (1)

Κλάσεις:

- `point2d, pec_object_2d`



Διακριτοποίηση:

- `grid = (stopPhi - startPhi)/NOS`

Παραμετρικές εξισώσεις:

- `phi = startPhi + grid*(-0.5 + i*phiDir)`
- `x = x0 + r*cos(phi)    // Κανονικοποιημένα σε λ`
- `y = y0 + r*sin(phi)`

Κατάστρωση γεωμετρίας (2)

Ορισμός συντεταγμένων:

- `cp[i].init(x[i], y[i]) // cp, as → point2D`
- `as[i].init(x[i], y[i])`

Ορισμός AS και CP:

- `wires[i].set(as): Μέθοδος της wire (aux. source)`
- `setCP(cp), setAS(wires): Μέθοδοι της pec_object_2d`

$$\vec{\mathbf{E}}^{wire}\left(\rho\right) = \hat{\mathbf{z}} \cdot C \cdot I_i H_0^{(2)}\left(k\left(\rho - \rho_{wire}\right)\right)$$

Κατάστρωση επίλυσης (1)

Βασικές μεταβλητές:

- `double_complex** KernelArray`
- `double_complex* ConstantVector, currents;`

Δημιουργία γραμμικού συστήματος:

```
PEC_object_2D::BuildLinearSystem(&KernelArray,
  &ConstantVector, Amplitude, k, direction)
```

$$\vec{\mathbf{E}}^{S} = \hat{\mathbf{z}} C \sum_{i=1}^{N} I_i H_0^{(2)}\left(k\left(\rho - \rho_i\right)\right)$$

Κατάστρωση επίλυσης (2)

Επίλυση συστήματος:

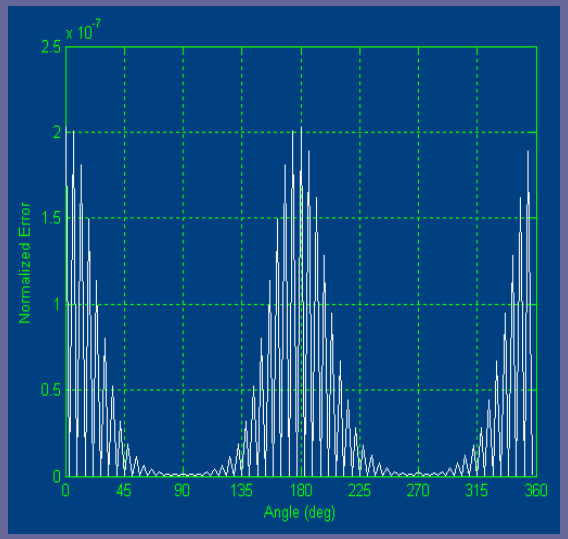
- `LinearSystemSolver_LU_Decomposition(KernelArray, ConstantVector, currents, size)`

Χρησιμοποίηση λύσεων για παράγωγα μεγέθη (ΔE_{BC}, RCS)

- `PEC_object_2D::LoadCurrents(currents)`

$$\vec{\mathbf{E}}^{INC} = \hat{\mathbf{z}} E_0 e^{-jk_0 x}$$

$$\vec{\mathbf{E}}^{INC} + \vec{\mathbf{E}}^{S} = \vec{\mathbf{E}}^{IN} = \mathbf{0}$$



Βοηθητικά Εργαλεία

Προγραμματισμό με C/C++
- GNU Scientific Library (Bessel/Hankel)
- LU Decomposition
- nrutil.c και nrutil.h (για την LU decomposition)

Προγραμματισμό με Fortran
- LU Decomposition
- Numerical Recipes in Fortran (link)

Προγραμματισμό με Java
- Μιγαδικοί αριθμοί και συναρτήσεις στη Java
- Παράδειγμα Κλήσης Συναρτήσεων Βιβλιοθήκης σε C με Java
- Υλοποίηση Συναρτήσεων Bessel
- Βοηθητικοί κώδικες σε Java (Hankel, LU, complex, κτλ.)