

Πρώτα βήματα στο OpenFOAM

1. Εγκαταστήστε ένα λειτουργικό σύστημα Linux στον υπολογιστή σας (κατά προτίμηση την τελευταία έκδοση των [Ubuntu](#)), είτε σαν dual-boot είτε με την βοήθεια ενός Virtual Machine. Στην συνέχεια εξοικειωθείτε με την χρήση του terminal των Linux [1, 2] και του λειτουργικού συστήματος γενικότερα.
2. Εγκαταστήστε με επιτυχία την τελευταία έκδοση του λογισμικού OpenFOAM και του post-process εργαλείου ParaView από την [επίσημη ιστοσελίδα](#), σύμφωνα με τις οδηγίες που παρέχονται.
3. Με την βοήθεια του User Guide που παρέχεται από την ιστοσελίδα του OpenFOAM τρέχτε το case με όνομα cavity, χρησιμοποιώντας τον ασυμπίεστο λύτη (solver) icoFoam. Για να το κάνετε αυτό αντιγράψτε τον φάκελο με το αντίστοιχο tutorial case στον προσωπικό σας φάκελο που δημιουργήσατε κατά την εγκατάσταση του OpenFOAM στο \$HOME directory σας, είτε χειροκίνητα από τον φάκελο που βρίσκεται στην διαδρομή (π.χ. για την έκδοση OpenFOAM v8):

```
/opt/openfoam8/tutorials/incompressible/icoFoam/cavity/cavity
```

είτε με την εντολή

```
$ cp -r $FOAM_TUTORIALS/incompressible/icoFoam/cavity/cavity $FOAM_RUN
```

Για να επιλύσετε το συγκεκριμένο tutorial, τρέξτε τις παρακάτω εντολές:

```
$ cd $FOAM_RUN/cavity
$ blockMesh
$ icoFoam
$ paraFoam
```

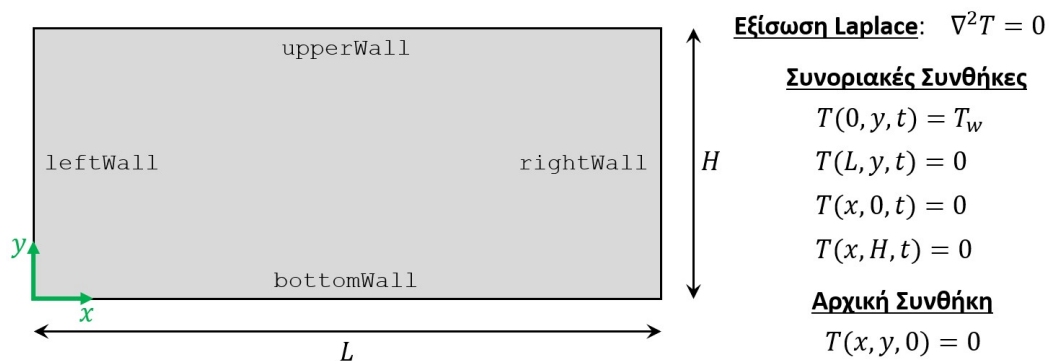
Στον φάκελο που μόλις δημιουργήσατε μπορείτε να εξοικειωθείτε με την γεωμετρία του προβλήματος, τις παραμέτρους (constant/transportProperties), συνοριακές συνθήκες, χρονικά βήματα Δt , χρόνους εγγραφής αποτελεσμάτων. Επίσης εξοικειωθείτε με την βοήθεια του User Guide με το post-process εργαλείο ParaView και τις επιλογές του.

4. Διαμορφώστε κατάλληλα το cavity case που μόλις δημιουργήσατε, έτσι ώστε να προσομοιώσετε την 2D ροή ανάμεσα σε παράλληλες πλάκες. Υπενθυμίζεται πως το προφίλ εξόδου πρέπει να είναι παραβολικής μορφής και η μέγιστη ταχύτητα εξόδου ίση με τα $3/2$ της ομοιόμορφης ταχύτητας εισόδου.

Οι συνοριακές συνθήκες για την ταχύτητα πρέπει να είναι noSlip στα τοιχώματα (walls), uniform στην είσοδο (inlet), ενώ zeroGradient στην έξοδο (outlet) του αγωγού. Αντίστοιχα, η πίεση πρέπει να είναι παντού zeroGradient, εκτός από την έξοδο του αγωγού όπου είναι μηδενική (το ρευστό θεωρείται πως εξέρχεται στην ατμόσφαιρα άρα η σχετική πίεση του αγωγού σε εκείνο το σημείο είναι μηδέν).

5. Δημιουργήστε έναν καινούριο solver με τον όνομα laplaceFoam που να λύνει την εξίσωση Laplace σε μια ορθογωνική πλάκα, με συνοριακές και αρχικές συνθήκες όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

Χρησιμοποιείστε $T_w = 10\text{ K}$, $L = 2\text{ m}$ και $H = 1\text{ m}$.



Για την δημιουργία του καινούριου solver, αντιγράψτε έναν ήδη υπάρχον από τον φάκελο \$FOAM_SOLVERS σε έναν νέο φάκελο με όνομα applications στο local directory (π.χ. \$HOME/OpenFoam/<USER>-8/, όπου <USER> το όνομα του χρήστη). Για ευκολία, να χρησιμοποιηθεί ο solver electrostaticFoam που βρίσκεται στην κατηγορία λυτών electromagnetics.

Μετονομάστε τον φάκελο που περιέχει τον καινούριο λύτη από `electrostaticFoam` σε `laplaceFoam`, το αρχείο `electrostaticFoam.c` σε `laplaceFoam.c` και τροποποιήστε τα περιεχόμενά του αρχείου `./Make/files` έτσι ώστε να γράφει:

```
laplaceFoam.C

EXE = $(FOAM_USER_APPBIN)/laplaceFoam
```

Τροποποιήστε κατάλληλα τα περιεχόμενα των αρχείων `laplaceFoam.c` και `createFields.h` έτσι ώστε να λύνεται η μόνο εξίσωση Laplace για το `scalarField` με όνομα `T`.

Για να κάνετε `compile` τον λύτη, τρέξτε στον φάκελο την εντολή

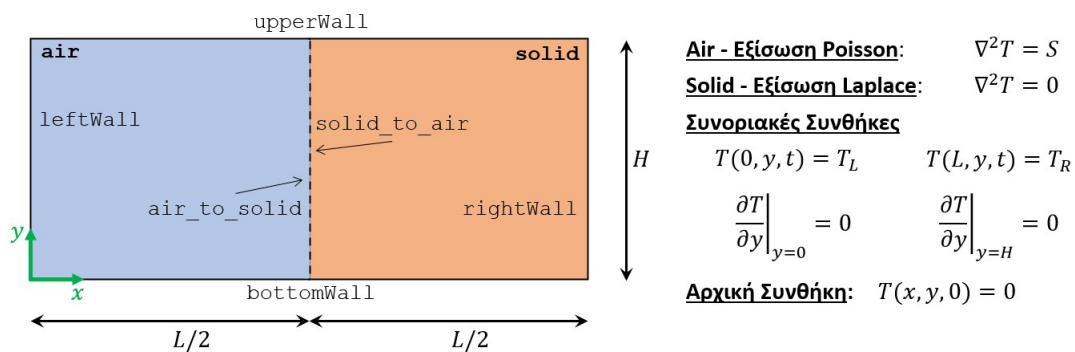
```
$ wmake
```

Σε περίπτωση που χρειαστεί να διαγράψετε το executable αρχείο που υπάρχει ήδη, χρησιμοποιήστε την εντολή

```
$ wclean
```

Τέλος τρέξτε το case και ελέγξτε τα αποτελέσματά σας.

6. Σε αυτό το βήμα θα μοντελοποιηθεί η μετάδοση θερμότητας σε δυο εφαιπτομενικά χωρία, το ένα θα είναι μία στερεή πλάκα, όπου θα λυθεί η εξίσωση Laplace και το άλλο ο αέρας, όπου θα λυθεί η εξίσωση Poisson. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται ακριβώς τα χαρακτηριστικά, οι εξισώσεις και οι συνοριακές συνθήκες που θα χρησιμοποιηθούν. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο λύτης `laplaceFoam` που ήδη έχετε κατασκευάσει στο προηγούμενο βήμα, και να τροποποιηθεί για το συγκεκριμένο πρόβλημα.



Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα `block` στο μέγεθος και των δύο χωρίων από το `blockMeshDict`, και μετά χρησιμοποιώντας το εργαλείο `topoSet` του `OpenFOAM` να χωριστούν σε δύο `regions`. Το ένα `region` να ονομαστεί `solid` και το άλλο `air`. Στην διεπιφάνεια των δύο `regions` θα πρέπει να οριστούν κατάλληλες οριακές συνθήκες για την σωστή λύση των εξισώσεων. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει η τιμή της θερμοκρασίας και η παράγωγός της στο `interface` των δύο περιοχών να είναι ίσες

$$T_{air} = T_{solid}$$

$$k_{air} \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{air} = k_{solid} \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{solid}$$

όπου k είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του κάθε χωρίου.

Η οριακή συνθήκη που χρησιμοποιείται είναι η:

```
compressible::turbulentTemperatureCoupledBaffleMixed
```

και μπορεί να βρεθεί ο τρόπος χρήσης της, όπως και ο τρόπος δημιουργίας `regions` με το `topoSet` (αρχείο `topoSetDict`), από τα `tutorial cases` του λύτη `chtMultiRegionFoam`, που βρίσκεται στην κατηγορία `heat transfer`.

Επιπλέον, θα πρέπει να δημιουργηθούν στον solver δύο διαφορετικά πλέγματα, όπου στο ένα (meshA) θα λυθεί η εξίσωση Poisson για τον αέρα και στο άλλο (meshS) θα λυθεί η εξίσωση Laplace στο στερεό. Αυτό συνεπάγεται, πως θα υπάρχουν δύο διαφορετικές μεταβλητές (scalarFields) στο αρχείο createFields.h, μία για την θερμοκρασία στον αέρα Tair και μία για την θερμοκρασία στο στερεό Tsolid. Αντίστοιχα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, θα πρέπει να υπάρχουν δύο διαφορετικές εξισώσεις στο αρχείο laplaceFoam.c, η Poisson για την Tair στο meshA, και η Laplace για την Tsolid στο meshS.

Θα πρέπει να υπάρχουν, αντίστοιχα και στο case δύο διαφορετικά αρχεία για τις συνοριακές συνθήκες και να τοποθετηθούν στους φακέλους που θα δημιουργηθούν μετά την χρήση του topoSet, στις διαδρομές ./0/air και ./0/solid. Σε κάθε αρχείο συνοριακής συνθήκης θα πρέπει να προστεθεί και η συνθήκη για την διεπιφάνεια. Ο ακριβής τίτλος του συνόρου των διεπιφανειών (μία για κάθε region) δημιουργείται αυτόματα από την εντολή topoSet και μπορεί να βρεθεί στις διαδρομές ./constant/air και ./constant/solid. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί, πως για την σωστή λειτουργία της συνοριακής συνθήκης BaffleMixed θα πρέπει να δημιουργηθούν δυο scalar μεταβλητές π.χ. kappaA και kappaS οι οποίες θα έχουν την τιμή των σταθερών k_{air} και k_{solid} σε ολόκληρο το region που αντιστοιχεί σε κάθε μεταβλητή.

Παράδειγμα της συνοριακής συνθήκης για την μεταβλητή Tair φαίνεται παρακάτω.

```
air_to_solid
{
    type            compressible::turbulentTemperatureCoupledBaffleMixed;
    value           $internalField;
    Tnbr            Tsolid;
    kappaMethod     lookup;
    kappa           kappaA;
}
```