

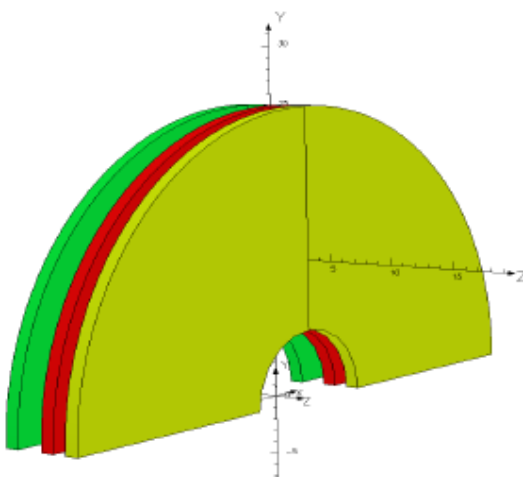
Pierwszy projekt - Kondensator

W ćwiczeniu przedstawione zostanie zastosowanie solvera TOSCA Electrostatic do analizy pola elektrostatycznego w kondensatorze obrotowym o zmiennej pojemności.

W pierwszej części omówiona zostanie budowa modelu polowego kondensatora oraz przygotowanie pliku obliczeniowego.

W drugiej części zostanie zademonstrowana analiza wyników obliczeń w programie Post-Processor pakietu OPERA 3D. Pokazane zostaną możliwości wizualizacji wyników oraz obliczanie pojemności kondensatora.

Model bryłowy kondensatora przedstawiono na Rys. 1-1.



Rys. 1-1 Model bryłowy kondensatora powietrznego o zmiennej pojemności.

1.1. Budowa modelu i przygotowanie symulacji

1.1.1. Budowa modelu bryłowego

Pierwsza okładzina kondensatora zostanie utworzona z płaskiego walca przeciętego na pół z wyciętym otworem osi obracającej okładziny ruchome.

W pierwszym kroku zostanie utworzony walec o współrzędnych środka podstawy dolnej $(0, 0, 0)$, współrzędnych środka podstawy górnej $(0, 0, 1)$ i promieniu 25.



W walcu tym ustawiona zostanie etykieta materiału **Null** co oznacza że wewnątrz tego walca nie będzie generowana siatka elementów skończonych.

Następnie walec zostanie obcięty przy pomocy prostopadłościanu o współrzędnych wierzchołków: dolnego $(-30, -30, -30)$ i górnego $(30, 0, 30)$ oraz operacji odejmowania brył.

W pozostałej połowie walca zostanie wycięty otwór przy pomocy walca o współrzędnych dolnej podstawy $(0, 0, -10)$, górnej $(0, 0, 10)$ i promieniu 6 oraz operacji odejmowania brył.

Pozostałe okładziny zostaną utworzone przy pomocy operacji kopiowania.

Create cylinder

Create a Cylinder  

Name

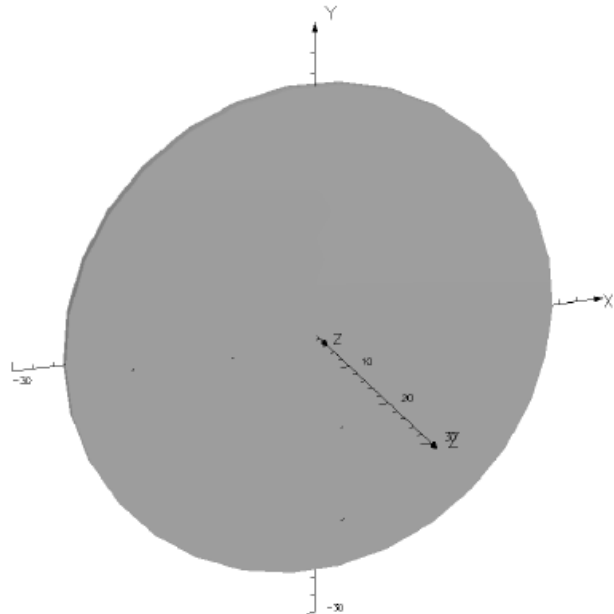
| Centre of base | | Centre of top | |
|----------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|
| X | <input type="text" value="0"/> | X | <input type="text" value="0"/> |
| Y | <input type="text" value="0"/> | Y | <input type="text" value="0"/> |
| Z | <input type="text" value="0"/> | Z | <input type="text" value="1"/> |

☒ Cylinder Radius
☐ Tube
☐ Cone
☐ General



☐ Make n-sided prism Number of sides

Cell Properties

Material Data storage level



Create block

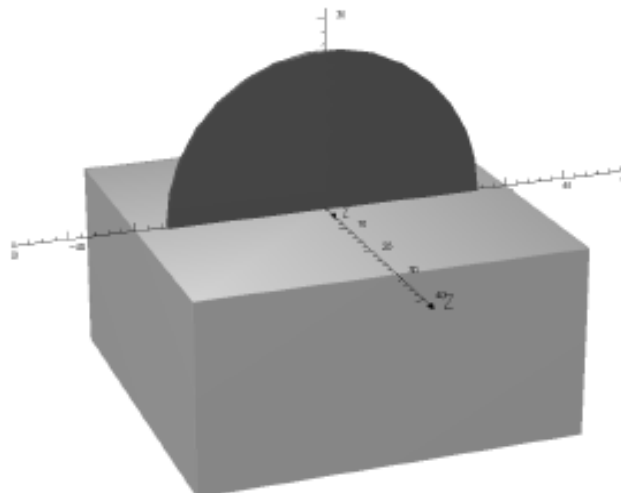
Create a Block  

Name

| First corner | | Opposite corner | |
|--------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| X | <input type="text" value="-30"/> | X | <input type="text" value="30"/> |
| Y | <input type="text" value="-30"/> | Y | <input type="text" value="0"/> |
| Z | <input type="text" value="-30"/> | Z | <input type="text" value="30"/> |

Cell Properties

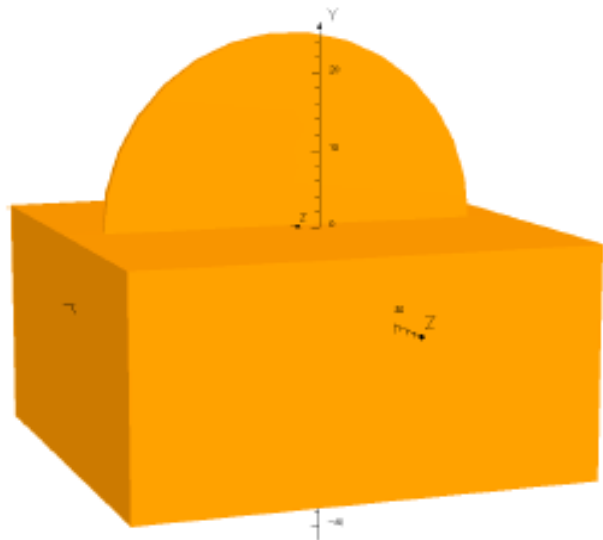
Material Data storage level



Pick Type → Pick Bodies oraz Action → Pick Entity

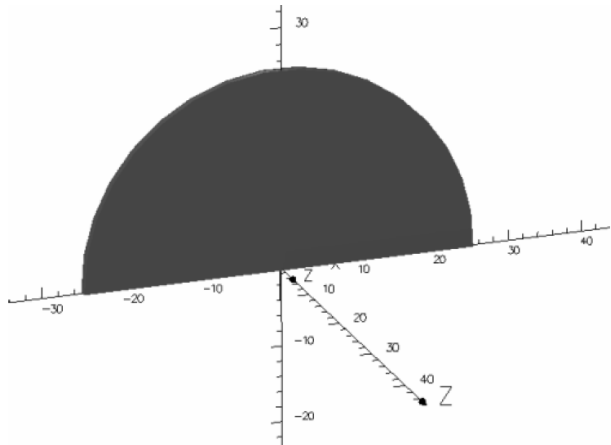
Zaznaczyć narysowane bryły klikając dwukrotnie lewym przyciskiem myszy kolejno na walcu i prostopadłościanie. Zaznaczona bryła zmienia kolor na pomarańczowy.

Kolejność zaznaczenia brył jest istotna ze względu na wynik końcowy działania operacji odejmowania brył.

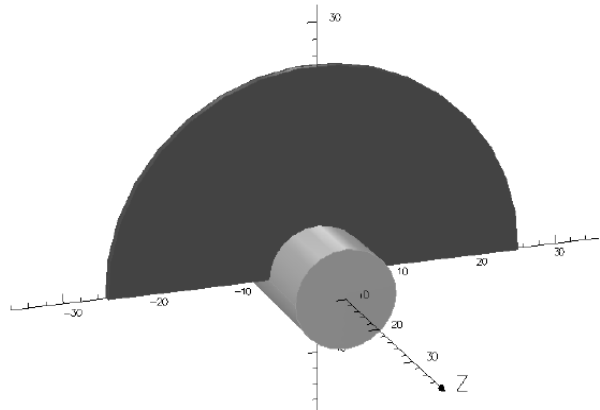
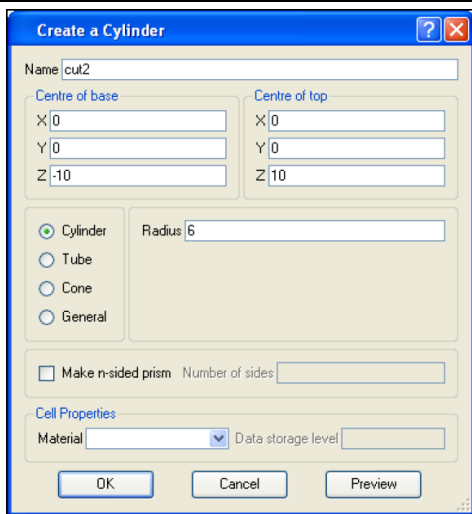


Combine Bodies → Subtraction, with regularization
Combine Bodies → Subtraction, with regularization

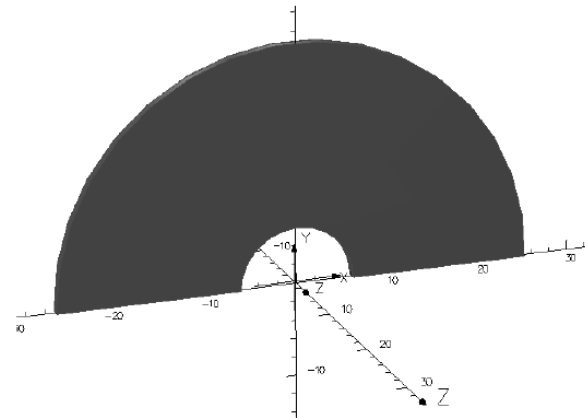
W wyniku operacji odejmowania od walca prostopadłościanu pozostanie połowa walca.



Create cylinder

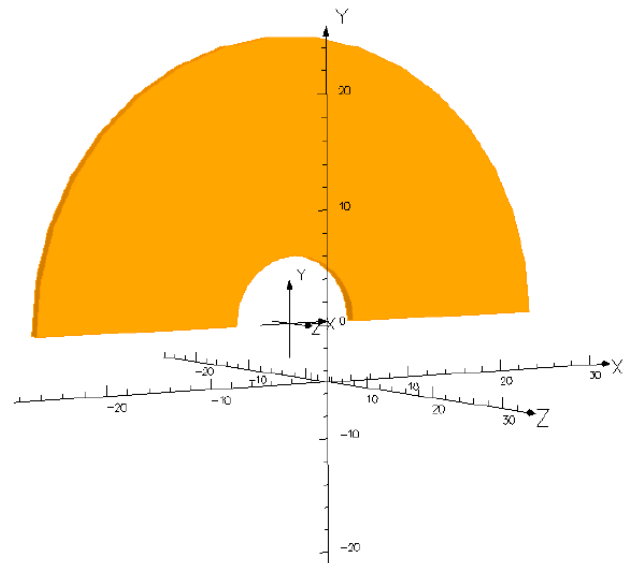


Przy pomocy polecenia *Subtraction*, *with regularisation* odjąć od połowy walca mniejszy walec.

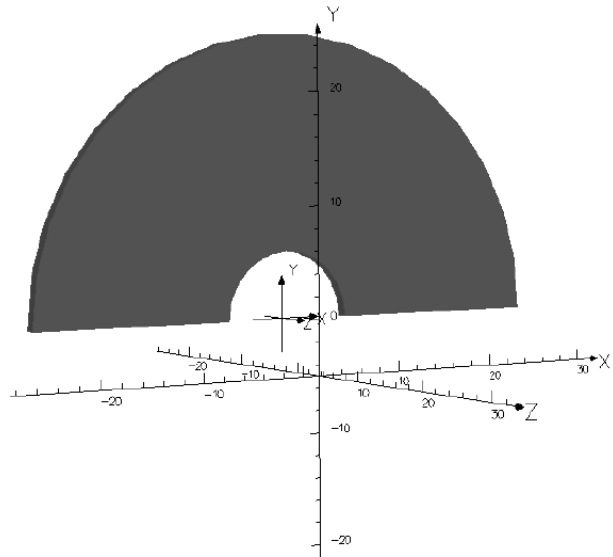
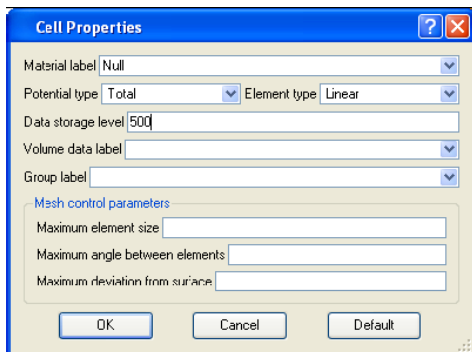


Pick type → *Pick Cells*

Zaznaczyć bryłę jako komórkę klikając dwukrotnie lewym przyciskiem myszy.



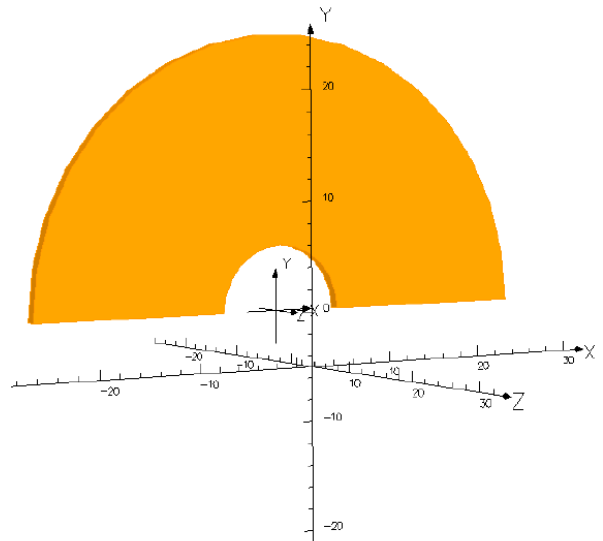
Cell properties...



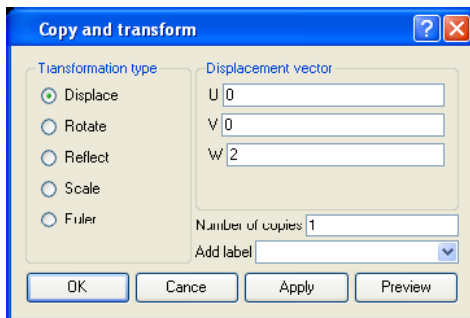
Pozostałe okładziny zostaną utworzone przy pomocy operacji kopiowania z przesunięciem. Druga z okładzin odsunięta zostanie o 2 jednostki w kierunku dodatnim osi Z od okładziny pierwszej, natomiast trzecia okładzina o 3 jednostki w kierunku ujemnym osi Z.

Pick type → Pick Bodies

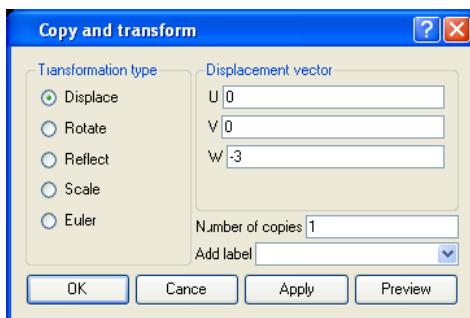
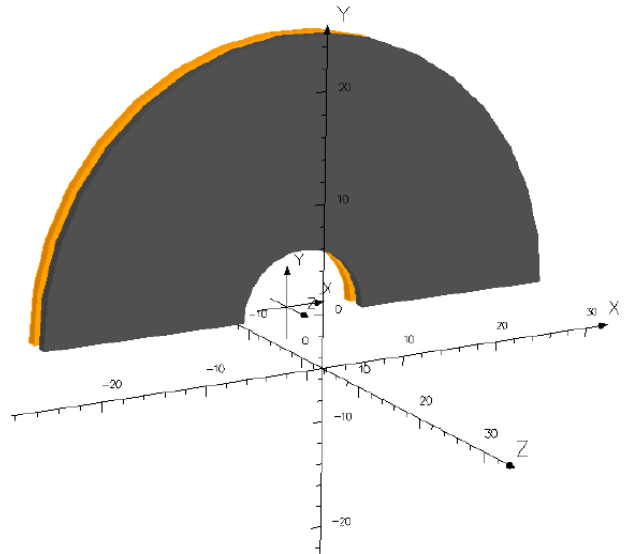
Zaznaczyć bryłę klikając dwukrotne lewym przyciskiem myszy.



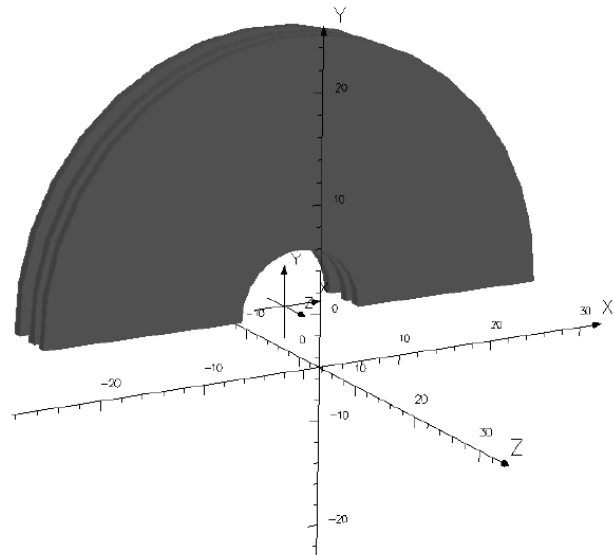
Copy and Transform



nacisnąć przycisk *Apply*,



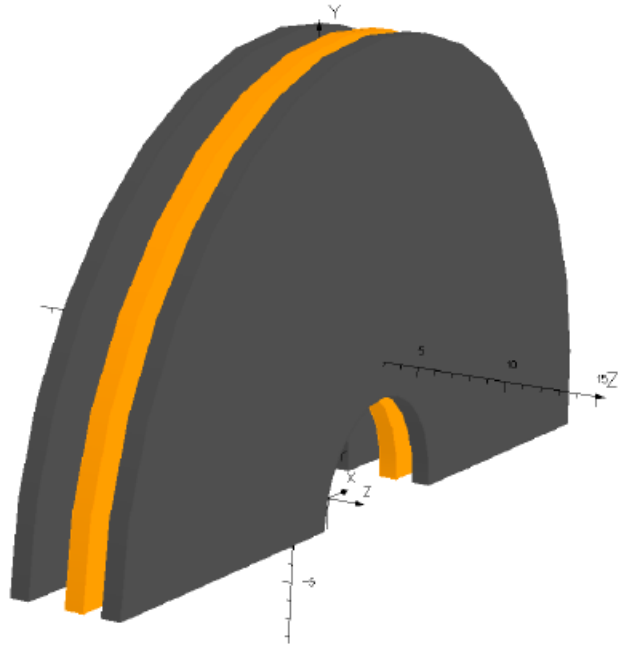
nacisnąć przycisk *OK*.



Po narysowaniu trzech okładzin kondensatora konieczne jest ustawienie etykiet warunków brzegowych dla powierzchni bocznych tych okładzin. Etykiety te zostaną później wykorzystane do zdefiniowania potencjałów na okładzinach kondensatora.

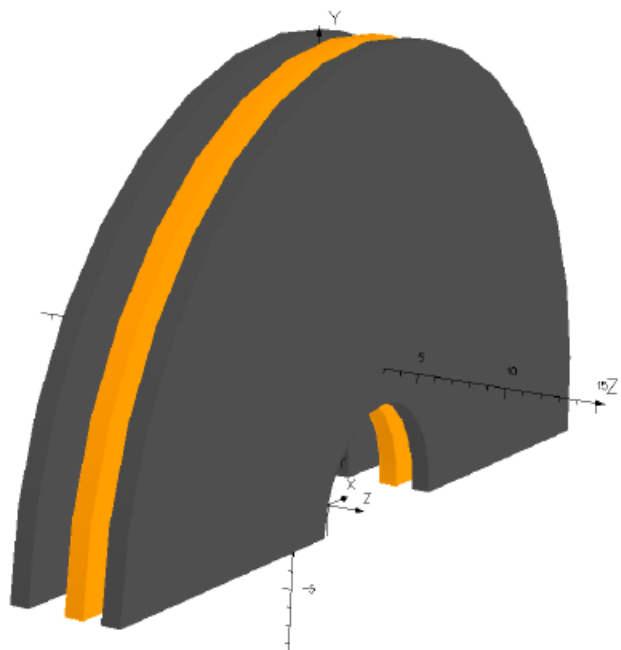
Pick type → Pick Bodies

Zaznaczyć jako bryłę pierwszą utworzoną okładzinę

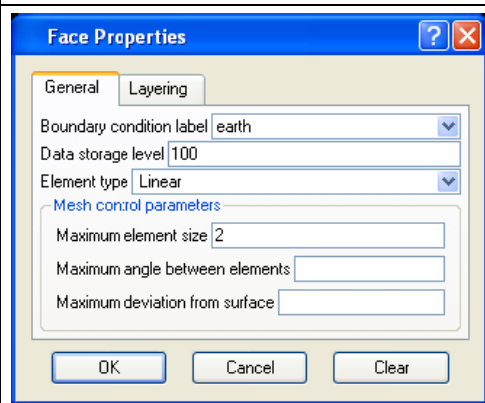


Pick type → Pick Faces oraz *Change picking of entities to new filter type*

Nastąpiła zmiana typu wybranego obiektu. Zamiast wybranej do edycji bryły tworzącej okładzinę zaznaczone zostały powierzchnie tej bryły.

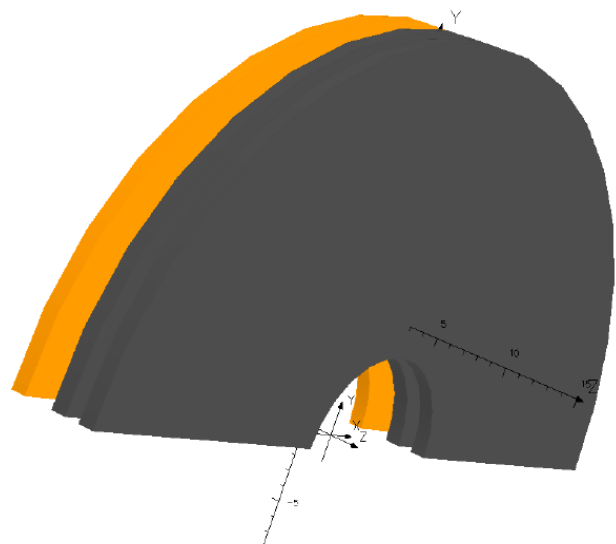
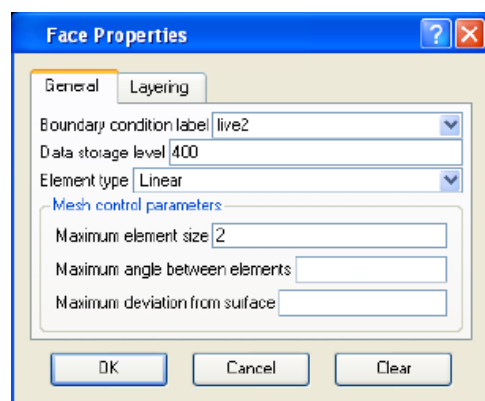
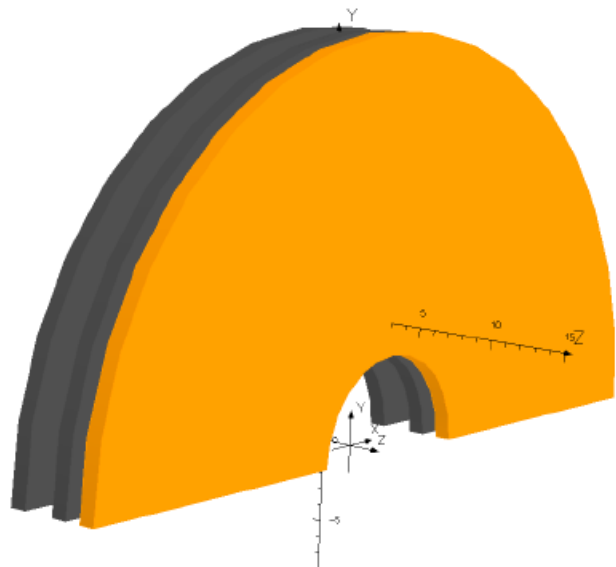


Faces properties...



Dla tego i poniższych przypadków w zakładce *Layering* ustawić *Mesh*.

Analogiczne operacje wykonać dla dwóch pozostałych okładzin.

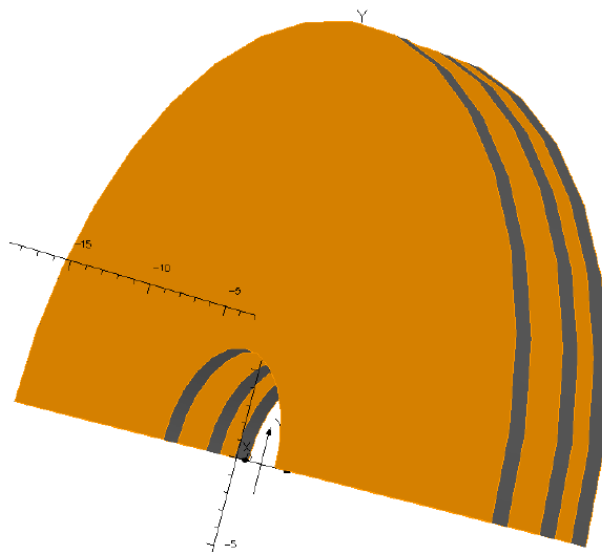


Kolejny krok to zagęszczenie siatki w szczelinach powietrznych pomiędzy okładzinami kondensatora. Posłuży do tego funkcja *Layering*, którą stosuje się do

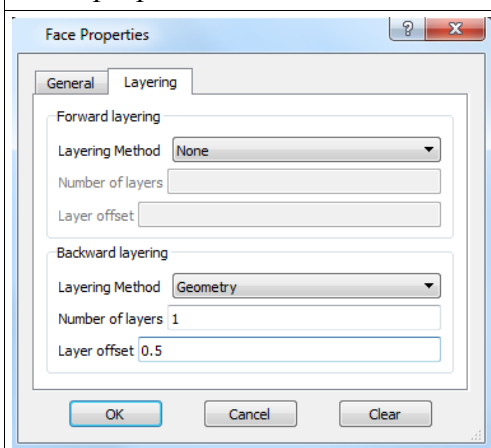
powierzchni. Wprowadza ona warstwy elementów w określonej parametrach odległości od powierzchni, dla której tę funkcję się stosuje.

Pick type → Pick Faces

Zaznaczyć 6 powierzchni okładzin kondensatora w kształcie półokręgów z wycięciami.



Faces properties...

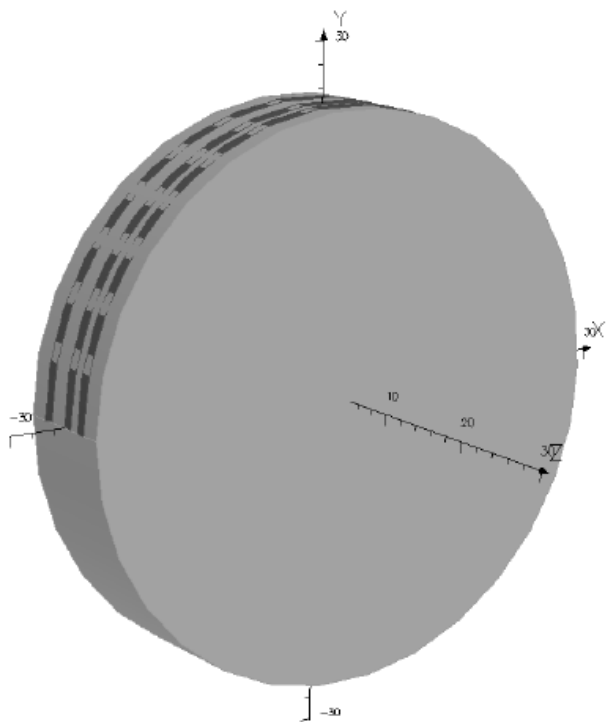
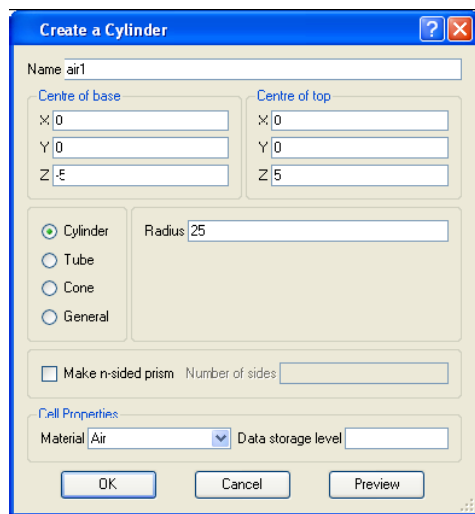


Model kondensatora musi zostać zamknięty obszarem powietrza. Obszar ten zostanie utworzony z trzech brył w kształcie walców. Pierwszy walec ma współrzędne podstawy dolnej $(0,0,-5)$, współrzędne podstawy górnej $(0,0,5)$ i promień 25. Ponadto w walcu tym zostanie ustawiony parametr *Data storage level* równy 50 i *Maximum element size* równy 2.

Drugi walec ma współrzędne podstawy dolnej $(0,0,-10)$, współrzędne podstawy górnej $(0,0,10)$ i promień 30. Ponadto w walcu tym zostanie ustawiony parametr *Data storage level* równy 40 i *Maximum element size* równy 5.

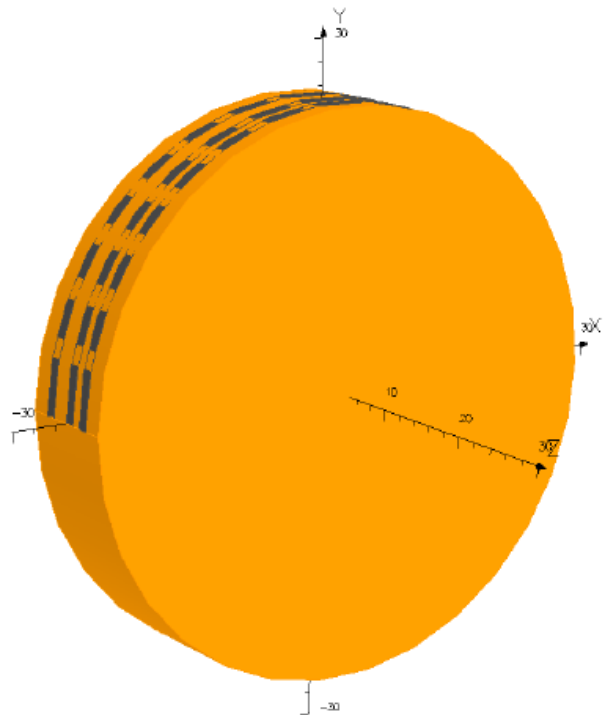
Trzeci walec ma współrzędne podstawy dolnej $(0,0,-80)$, współrzędne podstawy górnej $(0,0,80)$ i promień 80.

Create cylinder



Pick type → Pick Cells

Zaznaczyć bryłę tworzącą obszar powietrza jako komórkę klikając dwukrotnie lewym przyciskiem myszy.



Cell properties...

Cell Properties [?] [X]

Material label: Air

Potential type: Total Element type: Linear

Data storage level: 50

Volume data label:

Group label:

Mesh control parameters

Maximum element size: 2

Maximum angle between elements:

Maximum deviation from surface:

OK Cancel Default

W podobny sposób utworzyć pozostałe dwa obszary powietrzne.

Create a Cylinder [?] [X]

Name: air2

Centre of base

X: 0 Y: 0 Z: -10

Centre of top

X: 0 Y: 0 Z: 10

☒ Cylinder Radius: 30

☐ Tube

☐ Cone

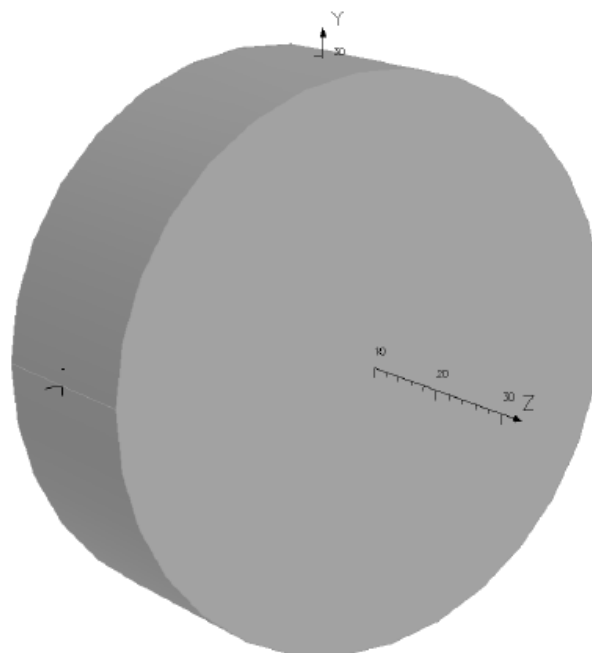
☐ General

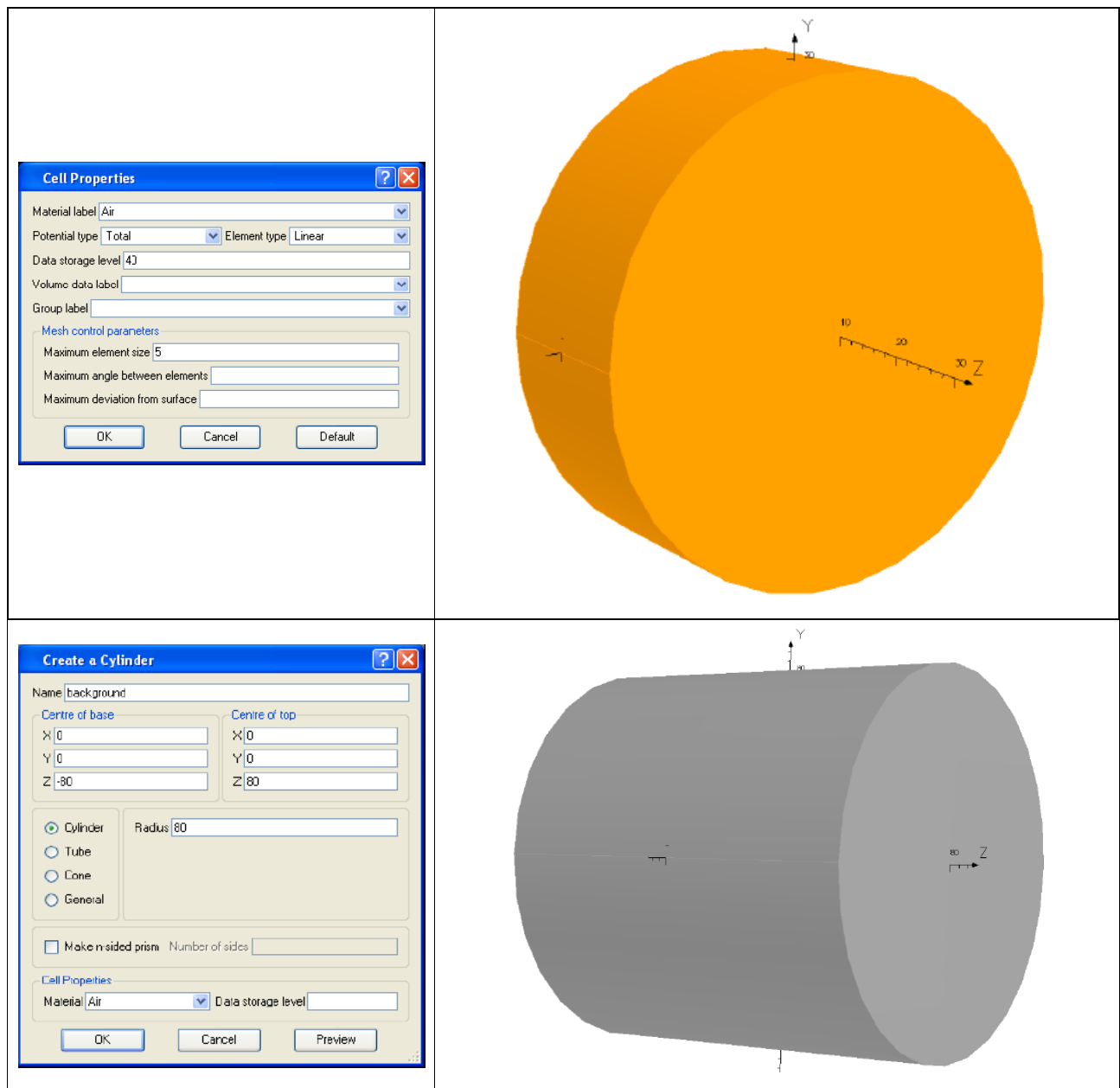
☐ Make n-sided prism Number of sides:

Cell Properties

Material: Air Data storage level:

OK Cancel Preview

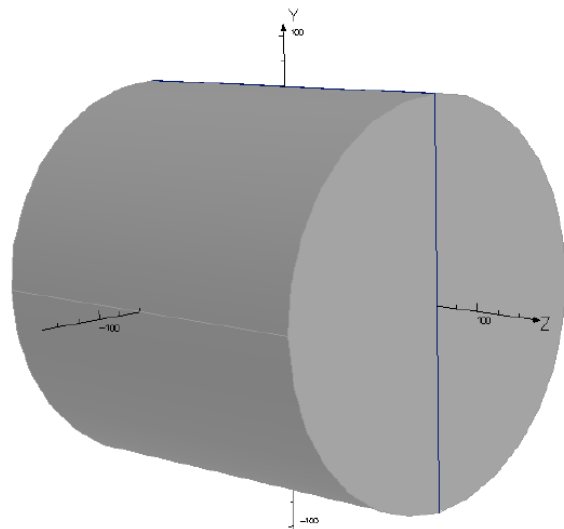
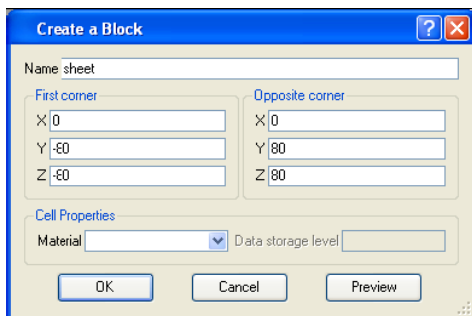




Ostatnim etapem budowy modelu bryłowego będzie podział modelu przy pomocy prostokątnych ścianek. Podział taki spowoduje uproszczenie kształtów brył tworzących model, a co za tym idzie przyspieszy generowanie siatki podziałowej i sprawi, że będzie się ono odbywało bez błędnie.

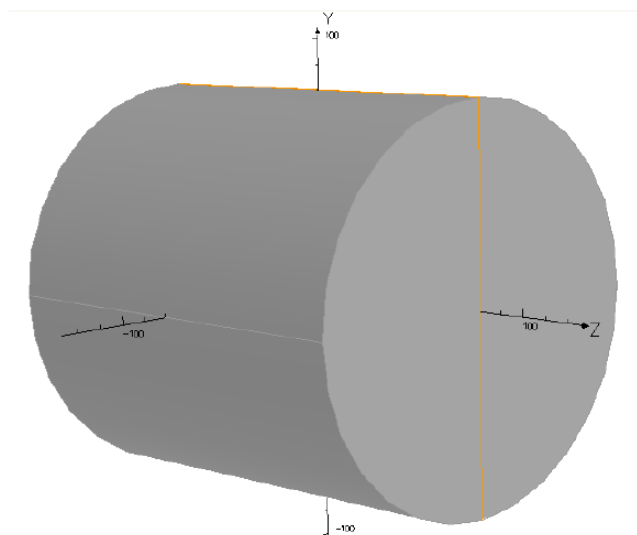
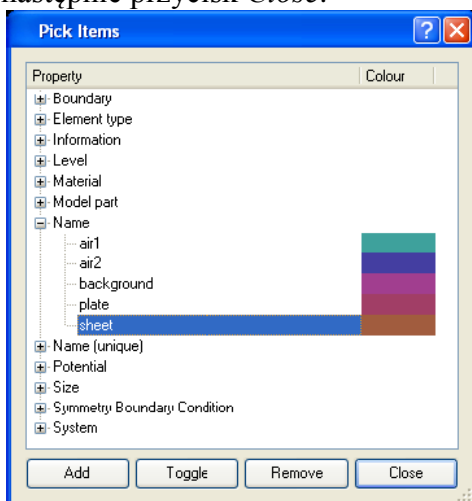
Narysowane zostaną dwie ścianki podziałowe, jako prostopadłościanny o wysokości w jednym z kierunków osi równej 0. Współrzędne wierzchołków pierwszej ścianki podziałowej to: $(0, -80, -80)$ i $(0, 80, 80)$. Druga ścianka zostanie utworzona przy pomocy funkcji kopiowania z obrotem o 90° wokół osi Z.

Create Block

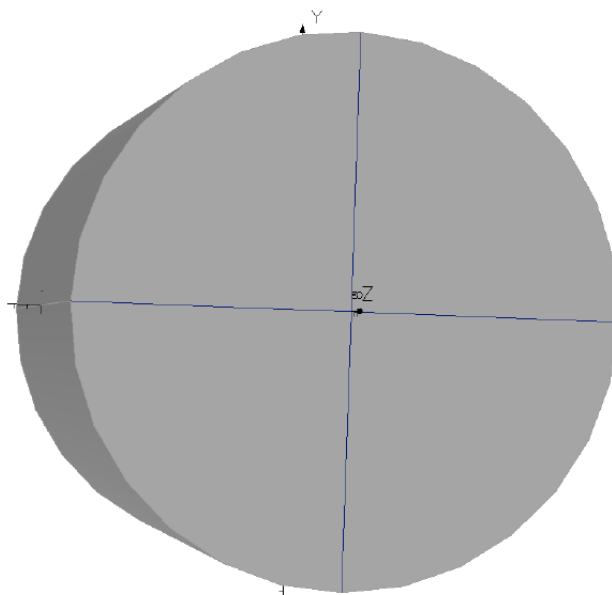
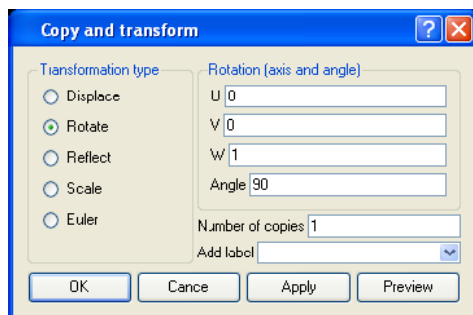


Pick by Property

Z kategorii *Name* wybrać nazwę *sheet* i nacisnąć przycisk *Add*, a następnie przycisk *Close*.



Copy and transform



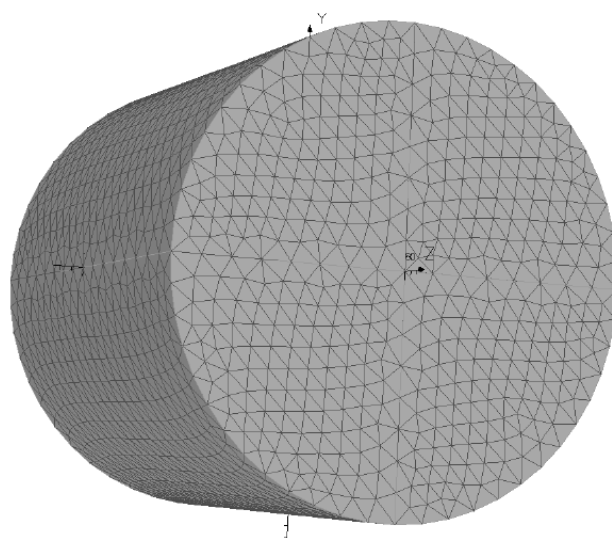
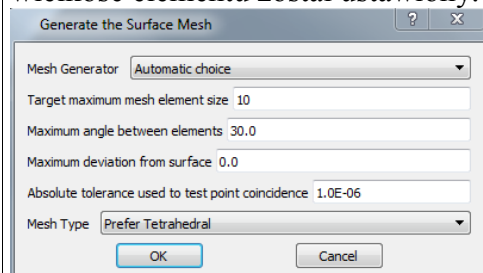
1.1.2. Generowanie siatki elementów skończonych

Analysis → Create Model Body...

Operacja ta scala wszystkie bryły w jedną bryłę, a także tworzone są warstwy zdefiniowane przy pomocy polecenia *Layering*. Ponadto ścianki podziałowe dzielą model na mniejsze komórki.

Analysis → Generate Surface Mesh...

Maksymalna wielkość elementu siatki ustawiona zostanie na 10, mniejsze elementy powstaną w poszczególnych komórkach, w których parametr określający wielkość elementu został ustawiony.



Analysis → Generate Volume Mesh...



1.1.3. Warunki brzegowe

Wykorzystując wcześniej zdefiniowane na powierzchniach okładzin kondensatora etykiety można ustawić na nich warunki brzegowe w postaci potencjałów.

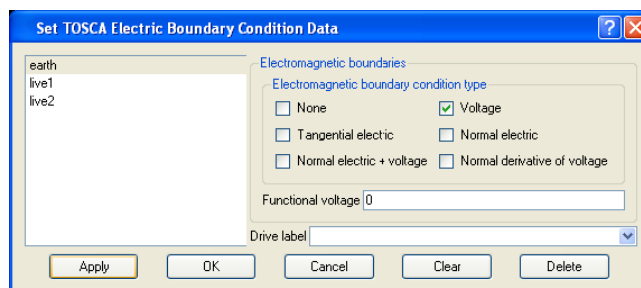
Pierwszym krokiem jest jednak wybór odpowiedniego do obliczeń pola elektrostatycznego solvera. W pakiecie OPERA 3D jest nim program TOSCA Electrostatic. Następnym krokiem to przypisanie do etykiet odpowiednich wartości potencjałów.

Analysis → Settings → Electrostatic

Analysis → Boundary Conditions...

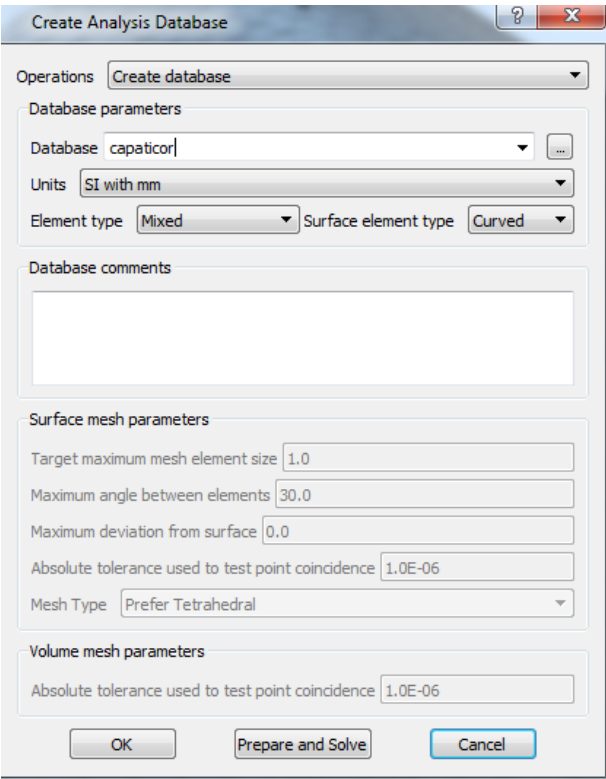
Wybrać z listy etykietę *earth*. Zaznaczyć rodzaj warunku brzegowego *Voltage* i w oknie *Functional voltage* wpisać wartość *0*.

Nacisnąć przycisk *Apply* i powtórzyć czynność przypisując etykietom *live1* i *live2* wartość potencjału *+10V*. Za każdym razem nacisnąć przycisk *Apply*, a na koniec przycisk *OK*.



1.2. Przygotowanie i uruchamianie obliczeń

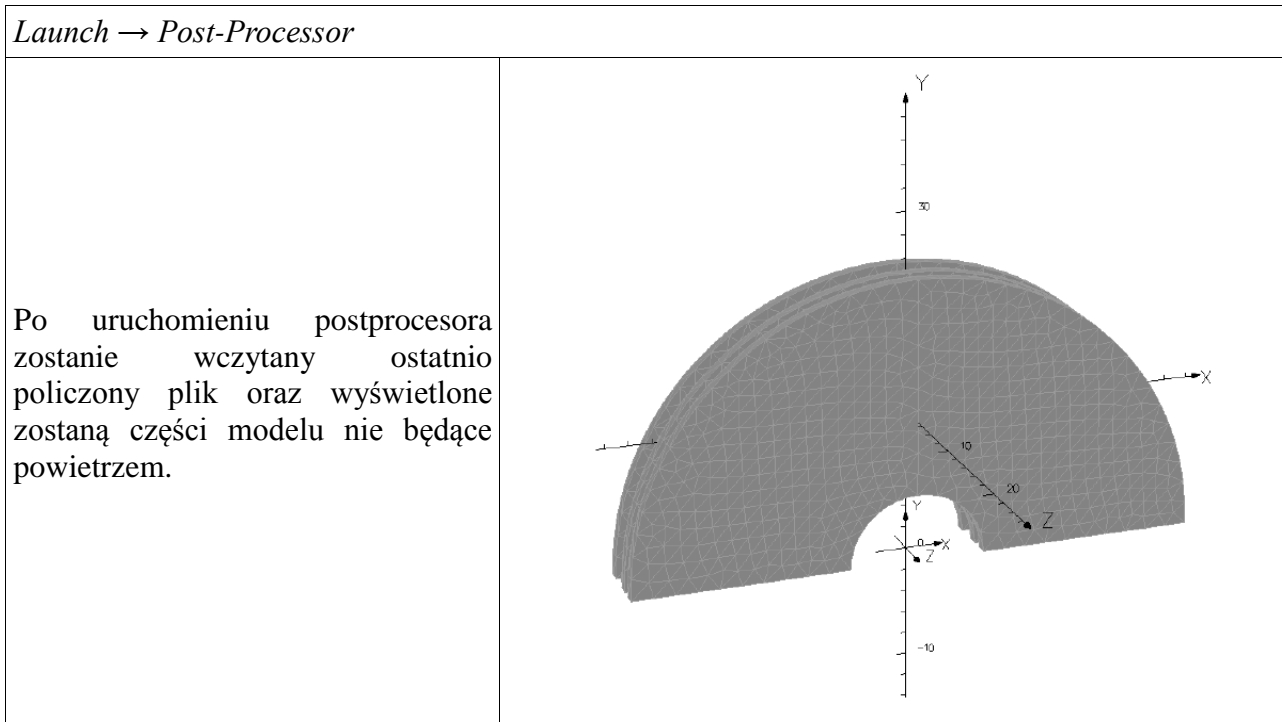
Po ukończeniu budowy modelu kolejny etap to utworzenie pliku z bazą danych do obliczeń.

| | |
|---|---|
| <i>Analysis → Create Database...</i> | |
| <p>Baza danych będzie utworzona w układzie jednostek SI z jednostkami długości mm, nazwa pliku to <i>Capacitor</i>. Plik będzie miał rozszerzenie <i>.op3</i>.</p> <p>Aby utworzyć plik z bazą danych do obliczeń i uruchomić obliczenia należy po wprowadzeniu powyższych ustawień nacisnąć przycisk <i>Prepare and Solve</i>.</p> |  |

1.3. Obliczenia w postprocesorze

Wizualizację wyników obliczeń oraz dodatkowe obliczenia można wykonać w programie Post-Processor. Uruchomienie Post-Procesora możliwe jest z poziomu programu Modeller oraz z poziomu Menadżera pakietu OPERA.

Zostanie wyświetlony rozkład modułu natężenia pola elektrostatycznego oraz policzona pojemność kondensatora. W programie Modeller Post-Processor uruchamiany jest następująco:



View → 3D Display...