

PTOLEMY Meeting 2018

E-gun simulation

Ofelia Pisanti

Università di Napoli Federico II and INFN Sezione di Napoli

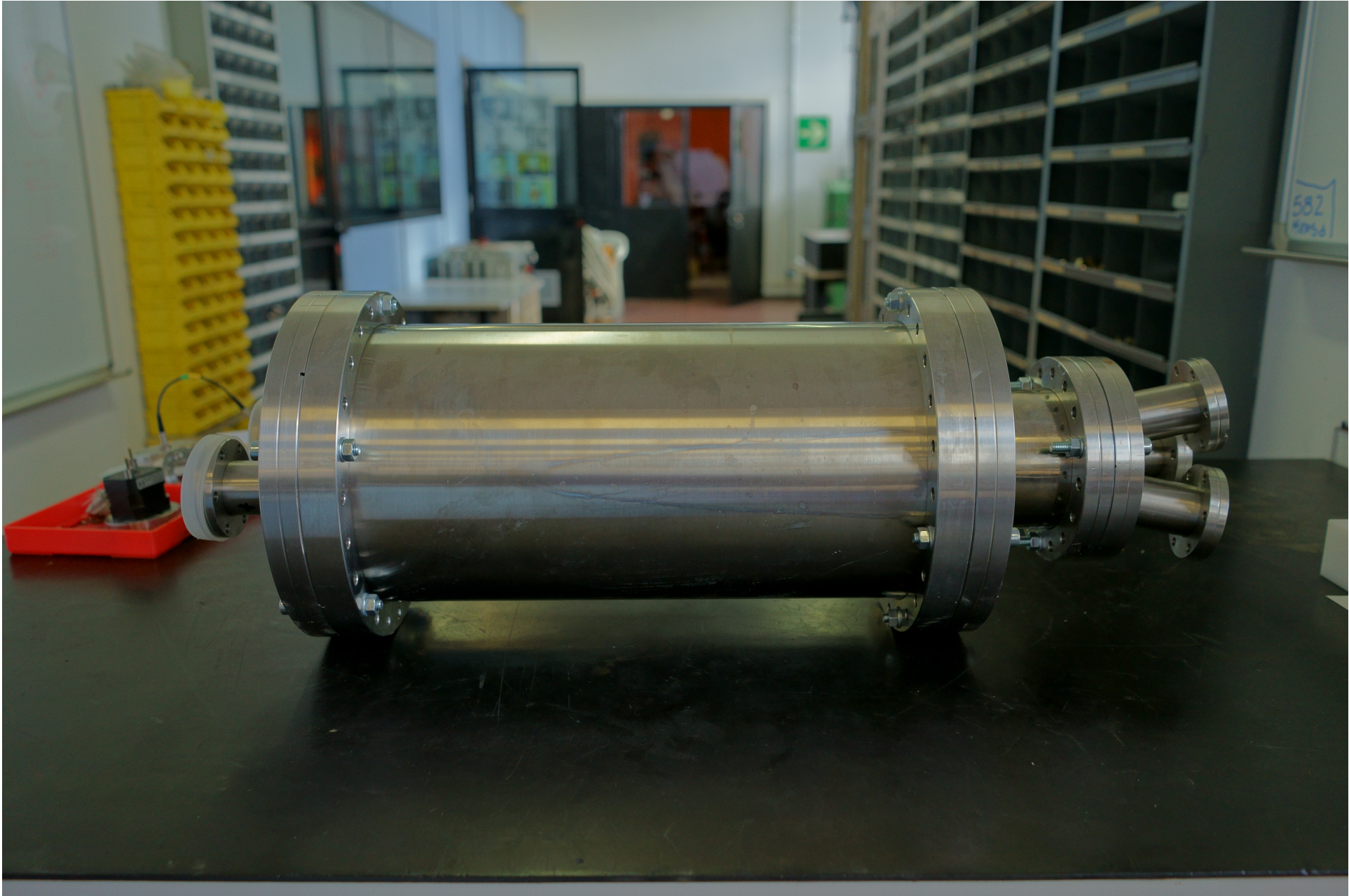
&

Marcello Messina

GSSI

E-gun realization

PART I

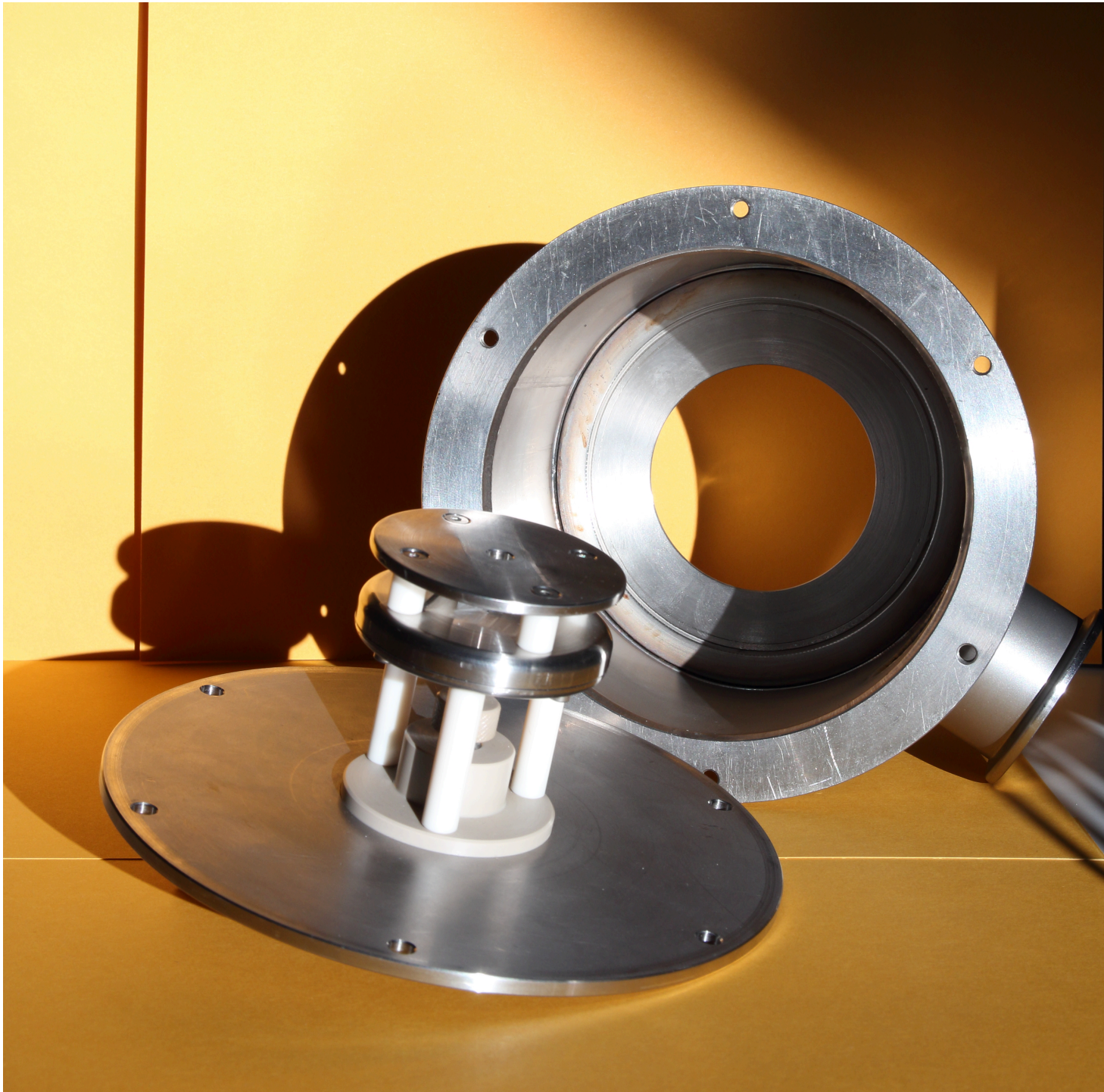


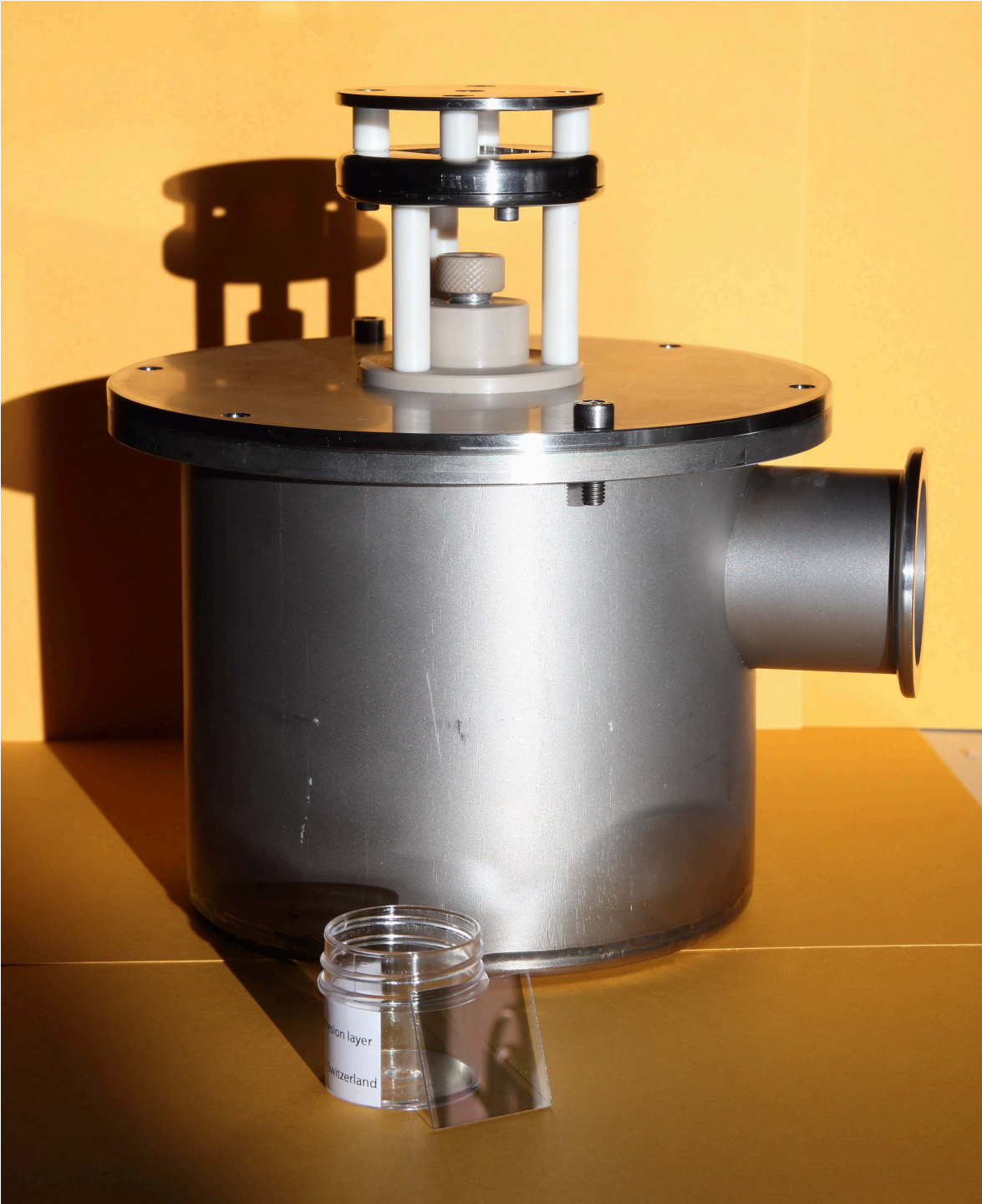
Ofelia Pisanti - PTOLEMY Meeting 2018, 26-28th November 2018



Ofelia Pisanti - PTOLEMY Meeting 2018, 26-28th November 2018



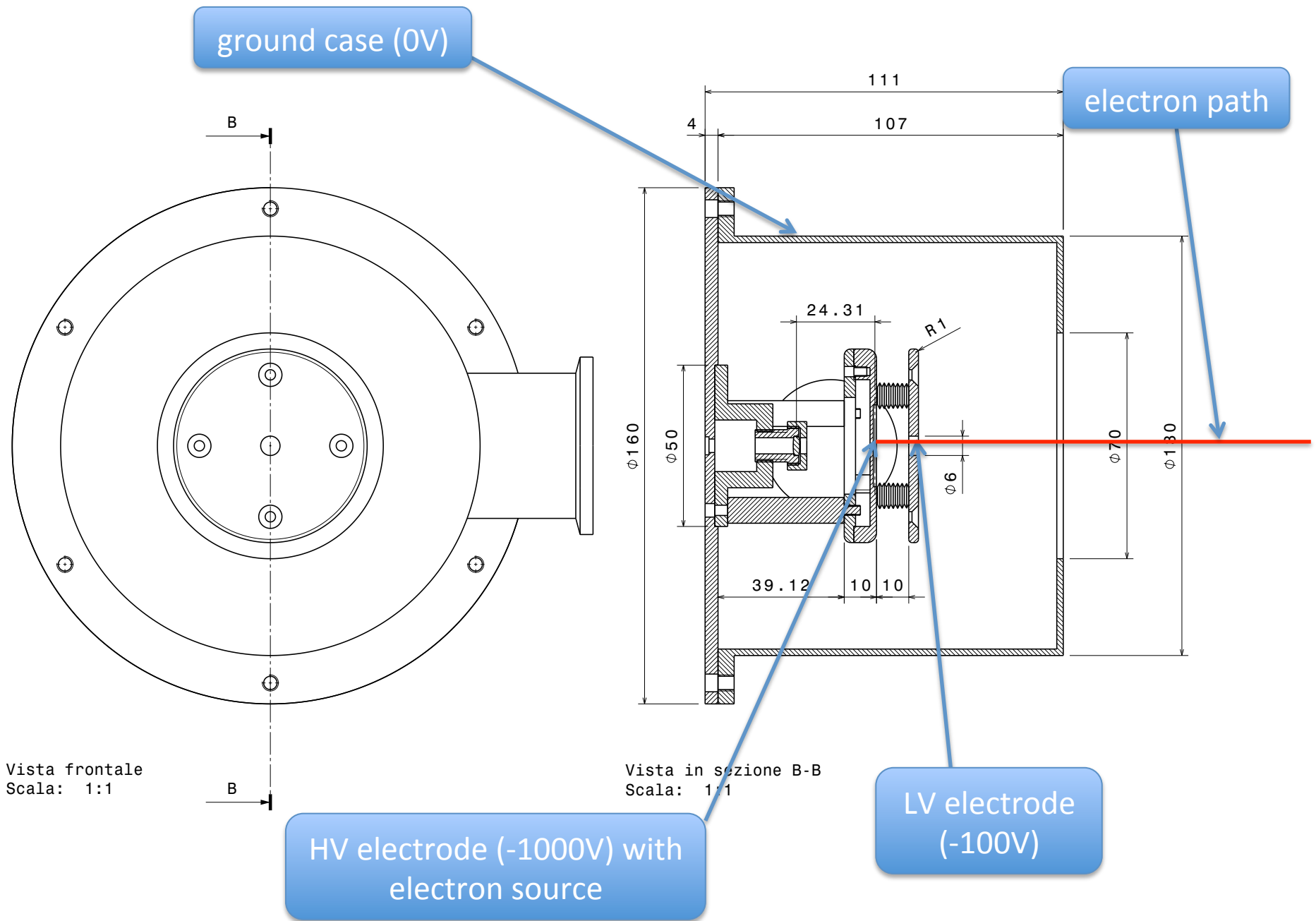




...sion layer
...Switzerland

E-gun simulations

PART II

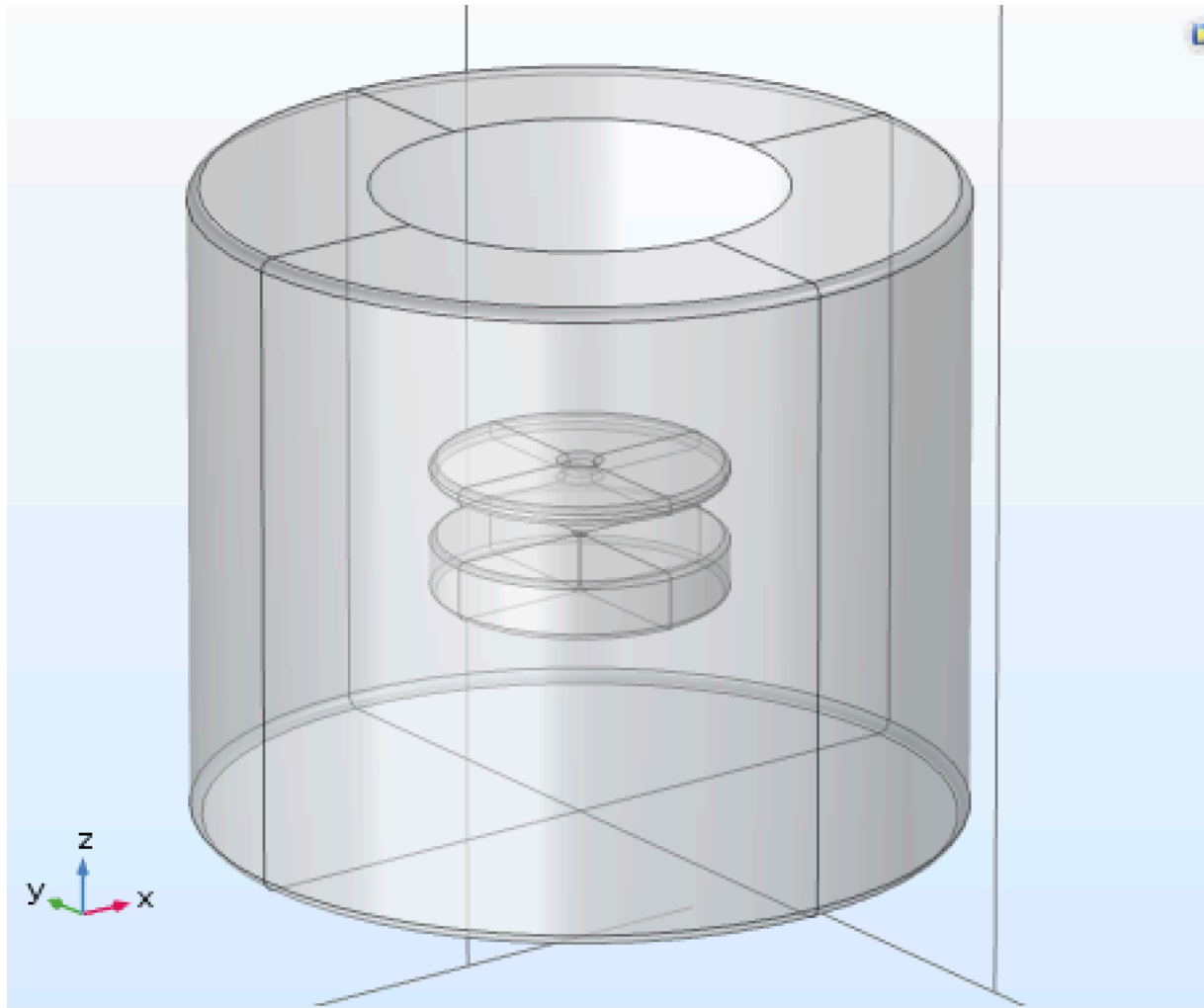


Simulation details

- Comsol Multiphysics 5.3 with Electrostatic and Particle tracking physics modules.
- The main geometrical characteristics of the apparatus are reproduced (to be refined).
- The simulation is performed in a given spatial region that extends outside the gun (30x50 cm rectangle).
- Electrons are emitted from a square 0.55x0.55 mm at the level of the HV electrode.
- For the moment, all the electrons emitted have the same kinetic energy, 0.05 eV, but the results have been checked against a variation of 50% of this energy.
- Preliminary results...

Original geometry:

- LV electrode with a central hole of 6 mm diameter
- ground case with a central hole of 7 cm diameter



Electrons are de-focused and their energy not convenient for the extraction.

The screenshot displays the COMSOL Multiphysics interface for a simulation titled "Electron gun original.mph". The main window shows a 3D plot of particle trajectories at a time of 2×10^{-8} s. The plot shows a beam of electrons that is de-focused as it moves through a series of cylindrical components. A color key on the right indicates the module of electron velocity, with values ranging from 0.2 to 1.8 $\times 10^7$. The software interface includes a tree view on the left, a settings panel in the middle, and a status bar at the bottom.

COMSOL Multiphysics File Modifica Finestre Opzioni Strumenti Guida in linea

Electron gun original.mph

Definizioni Geometria Materiali Fisica Mesh Studio Risultati Traiettorie delle particelle (cpt)

Albero de Lista di s

Electron gun original.mph (root)

- Definizioni globali
- Parametri
- Materiali
- Gun (comp1)
- Studio 1
- Risultati
 - Set di dati
 - Visuali
 - Valori derivati
 - Tabelle
 - Potenziale elettrico (es)
 - E and V on the electron trajectory
 - E and V on the electron trajectory
 - Traiettorie delle particelle (cpt)
 - Electric force on electrons
 - Electron velocity
 - Electron displacement
 - Electron kinetic energy
- Esporta
- Rapporti

Impostazioni Proprietà

Gruppo di plot 3D

Disegna

Etichetta: Traiettorie delle particelle (cpt)

Dati

Set di dati: Particella 1

Tempo (s): 2×10^{-8}

Titolo

Impostazioni del grafico

Vista: Automatico

Visualizza le entità nascoste

Estendi a dimensioni inferiori

Disegna i dati definiti sui lati

Colore: Nero

Sistema di riferimento: Materiale (x, y, z)

Legenda colori

Mostra legende

Mostra valori massimi e minimi

Tempo = 2×10^{-8} s Traiettorie delle particelle

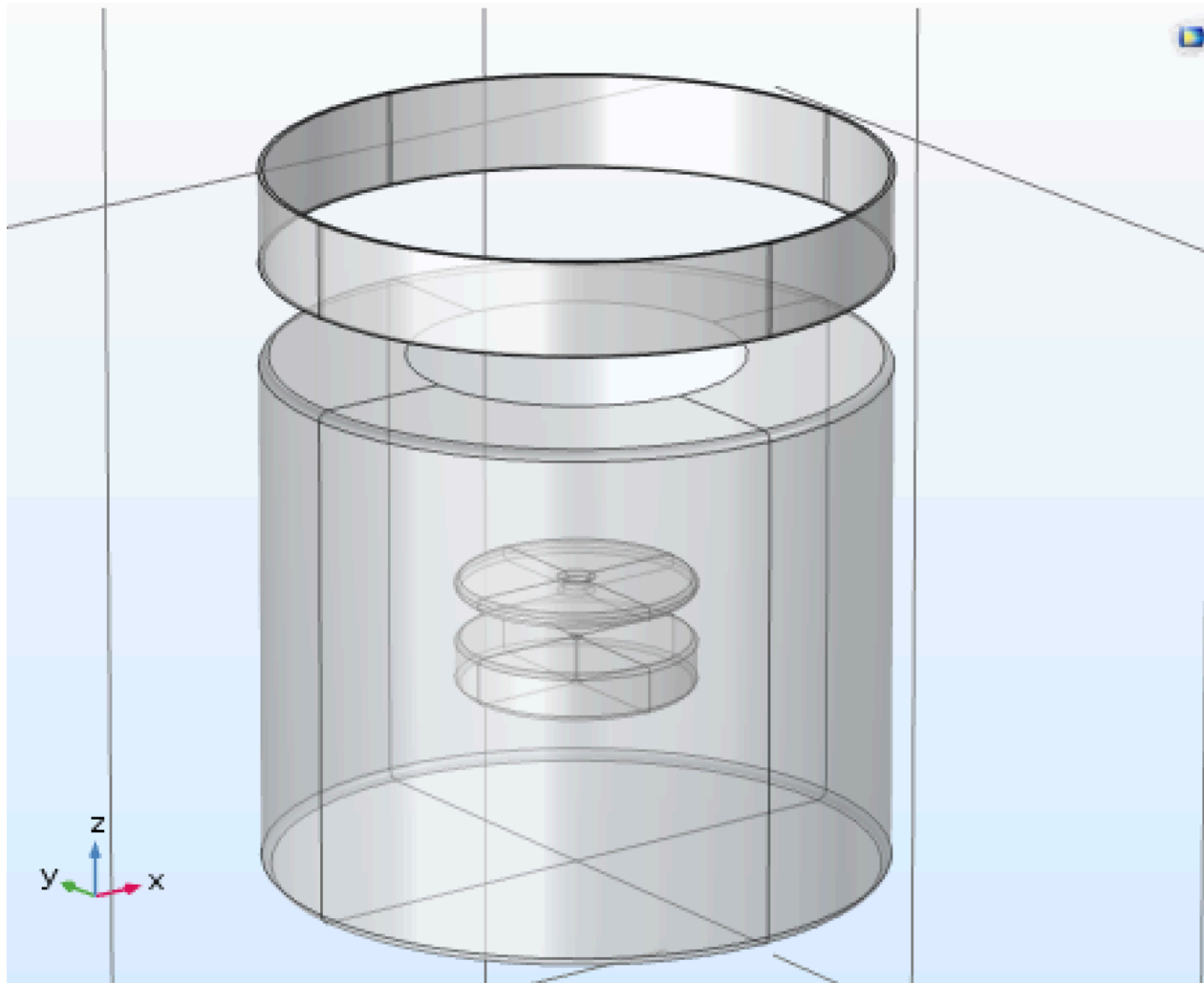
1.43 GB | 7.31 GB

Numero dei gradi di libertà da risolvere: 500 (più 104207 DOF interni).
Tempo di calcolo: 139 s. (2 minuti, 19 secondi)
Salvato su file: /Users/ofeliapisanti/Documents/Comsol/Electron gun with ground modifie
Aperto file: /Users/ofeliapisanti/Documents/Comsol/Electron gun.mph
Alcune entità geometriche sono mancanti.
Aperto file: /Users/ofeliapisanti/Documents/Comsol/Electron gun original.mph

color key indicates the module of electron velocity

Modified geometry:

- stopping electron electrode (-980V)



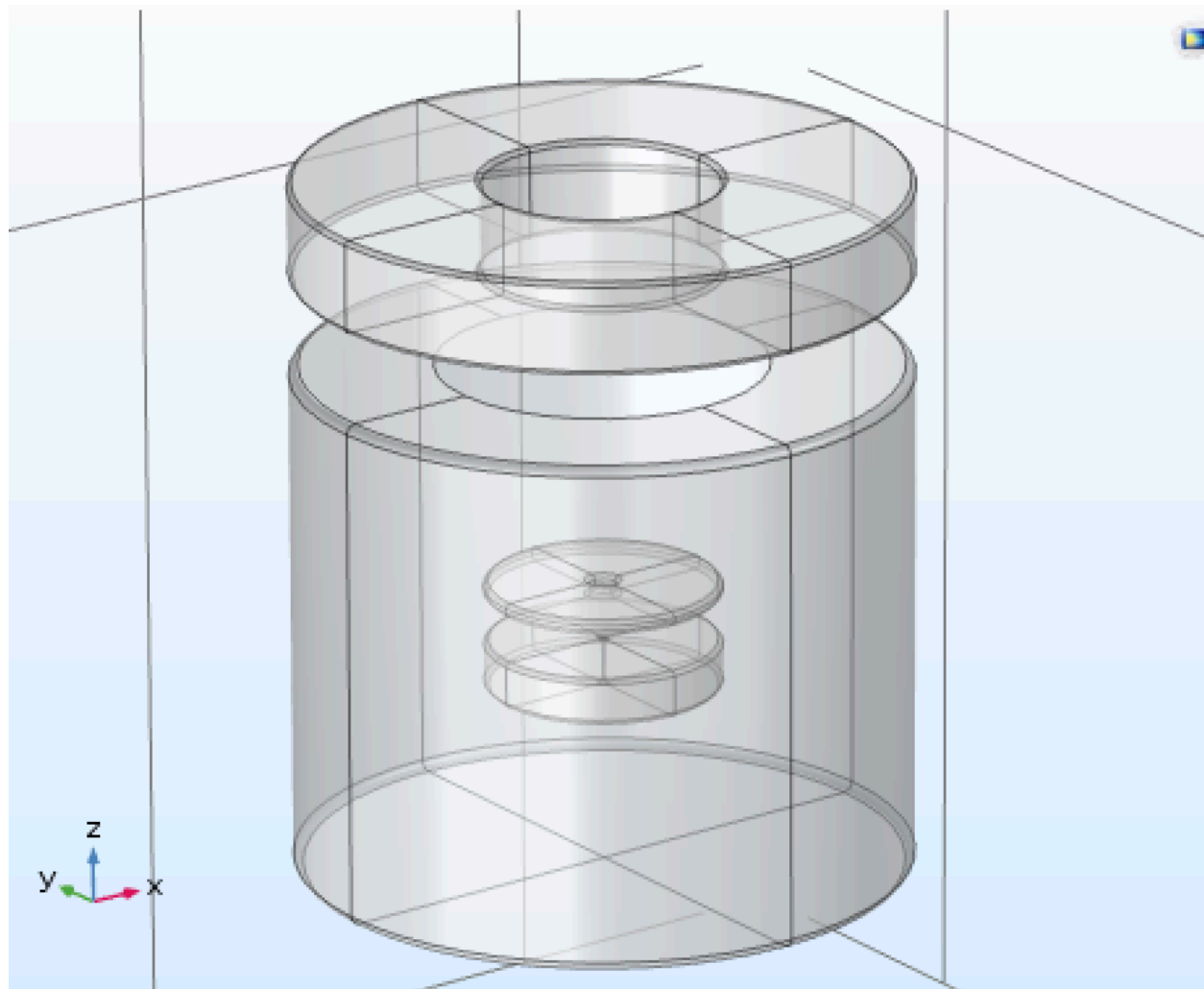
No relevant electron focusing and still electron energy is too large.

The screenshot displays the COMSOL Multiphysics interface for a simulation titled "Electron gun.mph". The software is running on a Mac OS system, as indicated by the top menu bar and the dock at the bottom. The interface is divided into several panels:

- Tree View (Left):** Shows the model hierarchy, including "World (r1)", "Ground case (pol1)", "HV electrode (r2)", "LV electrode (r3)", "SE electrode (r4)", "Rounding of electrode", "Rounding of ground c...", "Rounding of SE electr...", "Electron entrance (pol...", "Vista 2", "Ruota 1 (rev1)", "Forma l'unione (fin)", "Materiali", "Elettrostatica (es)", "Tracciamento di particelle caric...", "Multiphysics", "Mesh 1", "Risultati", "Set di dati", "Visuali", "Valori derivati", "Tabelle", "Potenziale elettrico (es)", "E and V on the electron traject...", "E and V on the electron traject...", "Traiettorie delle particelle (cpt)", "Electric force on electrons", "Electron velocity", "Electron velocity, z compone...", "Electron velocity, transverse", and "Electron energy*1e9 (keV)".
- Settings Panel (Center):** Configures the "Traiettorie delle particelle (cpt)" plot. It includes fields for "Etichetta", "Set di dati" (Particella 1), and "Tempo (s)" (2E-8). The "Impostazioni del grafico" section shows "Vista" set to "Automatico" and "Disegna i dati definiti sui lati" checked. The "Legenda colori" section has "Mostra legende" checked and "Mostra valori massimi e minimi" unchecked.
- 3D Plot (Right):** Displays the electron trajectories at "Tempo=2E-8 s". The plot shows a blue beam of particles moving through a cylindrical structure with a central electrode. The axes are labeled "cm" and "cm". A color scale on the right indicates energy levels from 0.2 to 1.8 x 10^7.
- Status Bar (Bottom):** Shows system icons and resource usage: "1.75 GB | 7.65 GB".

Modified geometry II (case A):

- stopping electron electrode with central hole of 5 cm diameter



Electrons gets focused and slowed down

The screenshot displays the COMSOL Multiphysics interface for a simulation titled "Electron gun.mph". The software is running on a Mac OS system, as indicated by the top menu bar and the dock at the bottom.

Tree View (Left): The "Albero de" (Tree View) shows the model hierarchy. The "Gun (comp1)" component is expanded, showing various physics interfaces: "Definizioni", "Geometria 1", "Materiali", "Elettrostatica (es)", "Tracciamento di particelle cariche", "Multiphysics", and "Mesh 1". Under "Risultati" (Results), the "Traiettorie delle particelle (cpt)" (Particle Trajectories) result is selected.

Settings Panel (Middle): The "Impostazioni" (Settings) panel for "Traiettorie delle particelle (cpt)" is visible. It includes the following options:

- Etichetta:** Traiettorie delle particelle (cpt)
- Dati:** Set di dati: Particella 1; Tempo (s): 2E-8
- Titolo:** Impostazioni del grafico
- Vista:** Automatico
- Visualizza le entità nascoste
- Estendi a dimensioni inferiori
- Disegna i dati definiti sui lati
- Colore:** Nero
- Sistema di riferimento:** Materiale (x, y, z)
- Legenda colori:** Mostra legende; Mostra valori massimi e minimi; Mostra unità
- Posizione:** Destra

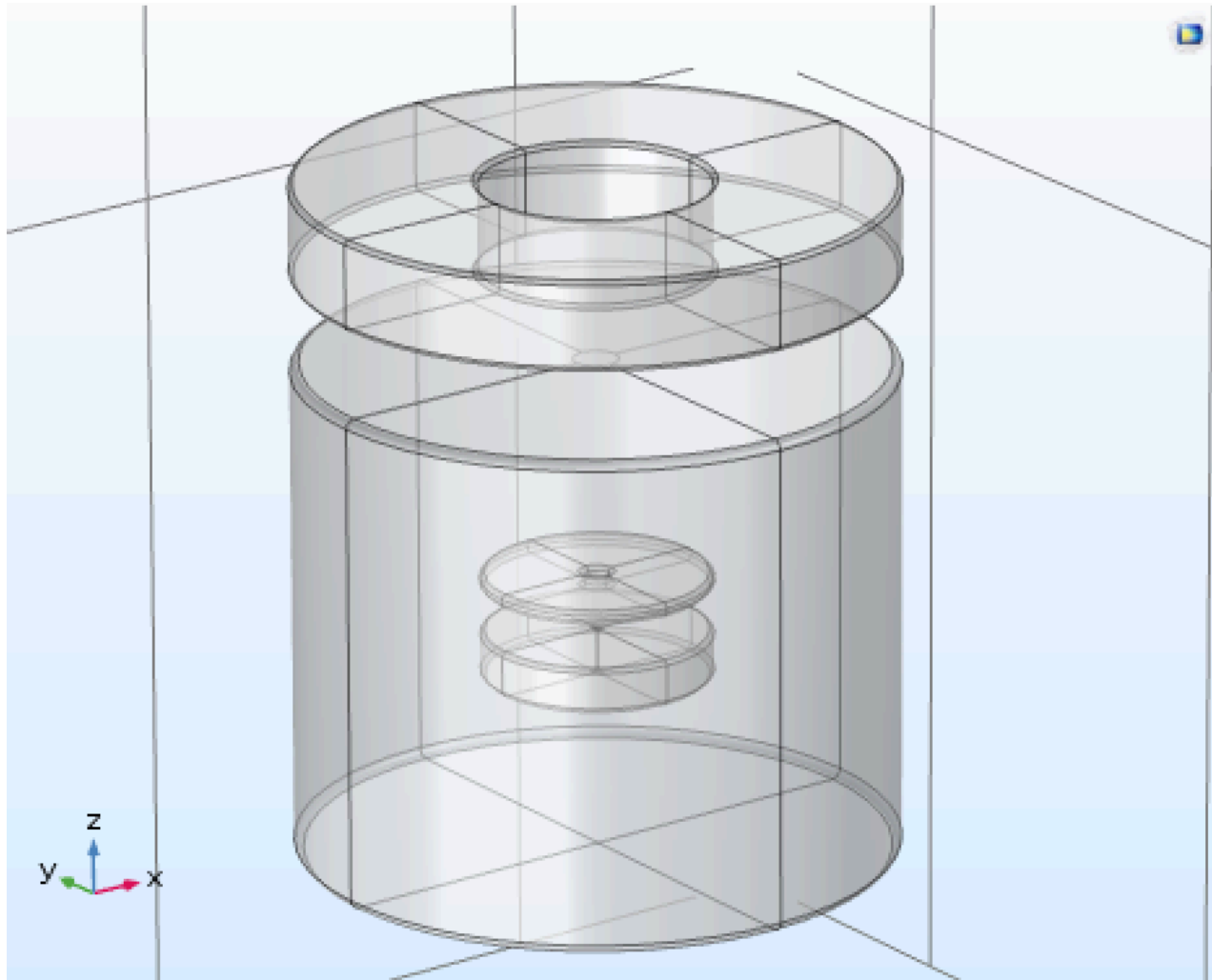
3D Plot (Right): The plot shows the "Traiettorie delle particelle" at "Tempo=2E-8 s". The structure is a cylindrical electron gun with a central cathode and anode. The plot shows a central beam of particles with a color scale from 0.2 to 1.8 $\times 10^7$. The axes are labeled in cm, with the z-axis ranging from -10 to 10 and the x and y axes ranging from -10 to 10.

Status Bar (Bottom): The status bar shows "1.64 GB | 7.57 GB".

Message Window (Bottom Right): A message window displays the following text:
Utilizzata forma geometrica lineare in 4 elementi di mesh per evitare elementi curvi invertiti.
Numero dei gradi di libert  da risolvere: 366156.
Utilizzata forma geometrica lineare in 230 elementi di mesh per evitare elementi curvi invertiti.
Numero dei gradi di libert  da risolvere: 300 (pi  272607 DOFs interni).
Tempo di calcolo: 212 s. (3 minuti, 32 secondi)

Modified geometry III (case B):

- stopping electron electrode with central hole of 5 cm diameter
- ground case with central hole of 1 cm diameter



Slight improved focusing...

COMSOL Multiphysics File Modifica Finestre Opzioni Strumenti Guida in linea

Electron gun with modified stopping electrons and ground.mph

Definizioni Geometria Materiali Fisica Mesh Studio Risultati Traiettorie delle particelle (cpt)

Albero de Lista di s

- Electron gun with modified stopping
- Definizioni globali
 - Parametri
 - Materiali
- Gun (comp1)
 - Definizioni
 - Geometria 1
 - Materiali
 - Elettrostatica (es)
 - Tracciamento di particelle cariche
 - Multiphysics
 - Mesh 1
- Studio 1
- Risultati
 - Set di dati
 - Visuali
 - Valori derivati
 - Tabelle
 - Potenziale elettrico (es)
 - E and V on the electron trajectory
 - E and V on the electron trajectory
 - Traiettorie delle particelle (cpt)
 - Electric force on electrons
 - Electron velocity
 - Electron displacement
 - Electron kinetic energy
 - Esporta
 - Rapporti

Impostazioni Proprietà

Gruppo di plot 3D

Disegna ← →

Etichetta: Traiettorie delle particelle (cpt)

Dati

Set di dati: Particella 1

Tempo (s): 2E-8

Titolo

Impostazioni del grafico

Vista: Automatico

Visualizza le entità nascoste

Estendi a dimensioni inferiori

Disegna i dati definiti sui lati

Colore: Nero

Sistema di riferimento: Materiale (x, y, z)

Legenda colori

Mostra legende

Mostra valori massimi e minimi

Mostra unità

Posizione: Destra

Grafica Grafico di conv Grafico di conv Grafico di conv

Tempo=2E-8 s Traiettorie delle particelle

1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2

×10⁷

40
20
0

cm

10 0 -10 -10 0 10

z
y x

cm

cm

cm

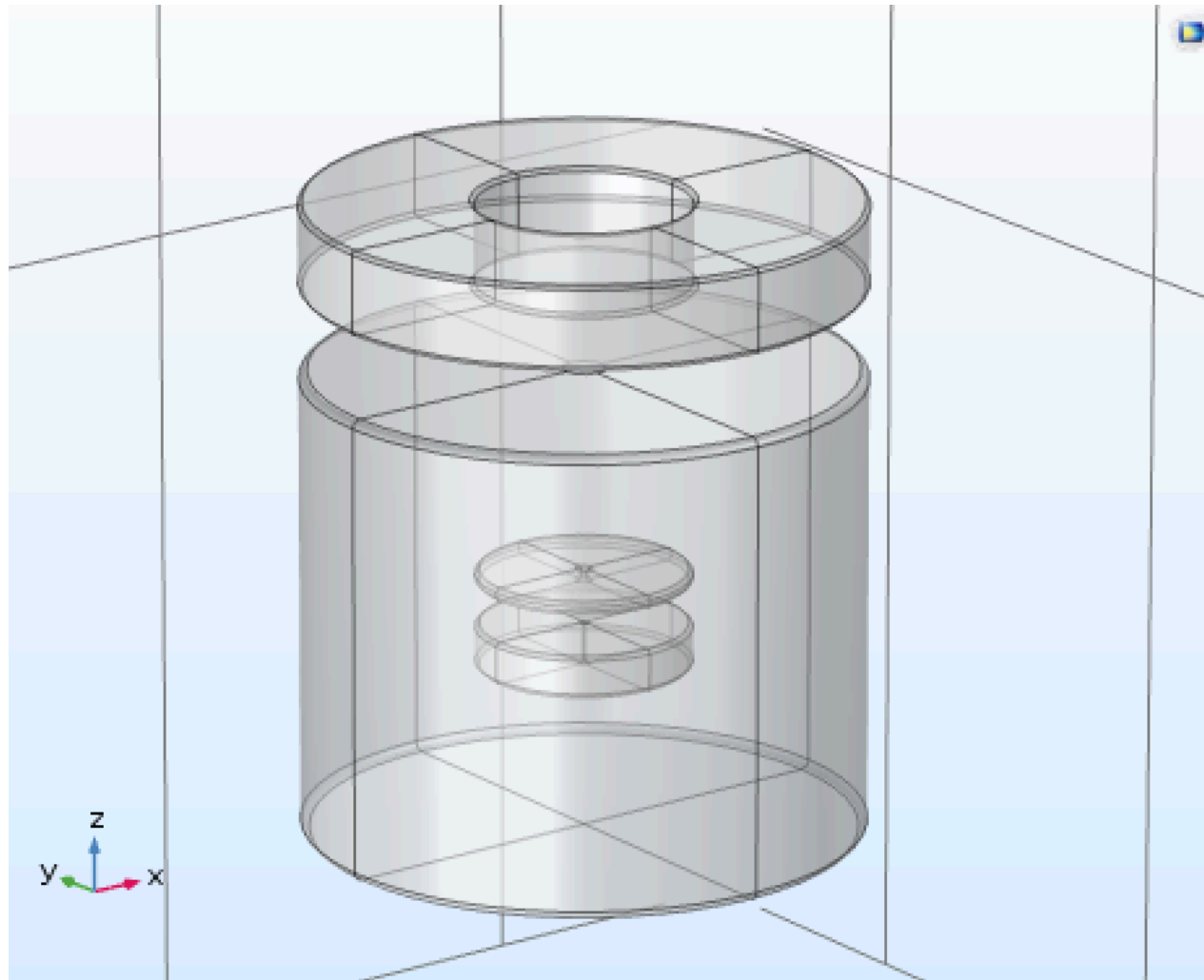
Messaggi Avanzamento Registro della soluzione Tabella

Utilizzata forma geometrica lineare in 4 elementi di mesh per evitare elementi curvi invertiti.
Numero dei gradi di libertà da risolvere: 371496.
Utilizzata forma geometrica lineare in 236 elementi di mesh per evitare elementi curvi invertiti.
Numero dei gradi di libertà da risolvere: 300 (più 276625 DOFs interni).
Tempo di calcolo: 219 s. (3 minuti, 39 secondi)

1.79 GB | 7.63 GB

Modified geometry IV (case C):

- stopping electron electrode with central hole of 5 cm diameter
- ground case with central hole of 1 cm diameter
- LV electrode with central hole of 2 mm diameter



... further improvement.

The screenshot displays the COMSOL Multiphysics software interface for a simulation titled "Electron gun with modified stopping electrons and ground and LV.mph".

Left Panel (Tree View): Shows the project structure under "Electron gun with modified stopping...". Key elements include "Definizioni globali", "Gun (comp1)", "Studio 1", and "Risultati". The "Traiettorie delle particelle (cpt)" result is selected.

Center Panel (Settings for "Traiettorie delle particelle (cpt)"):

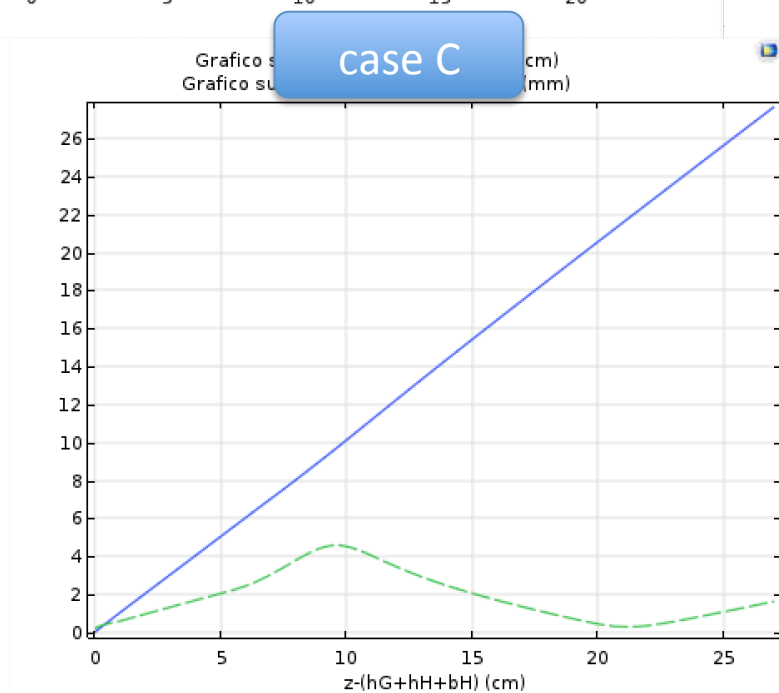
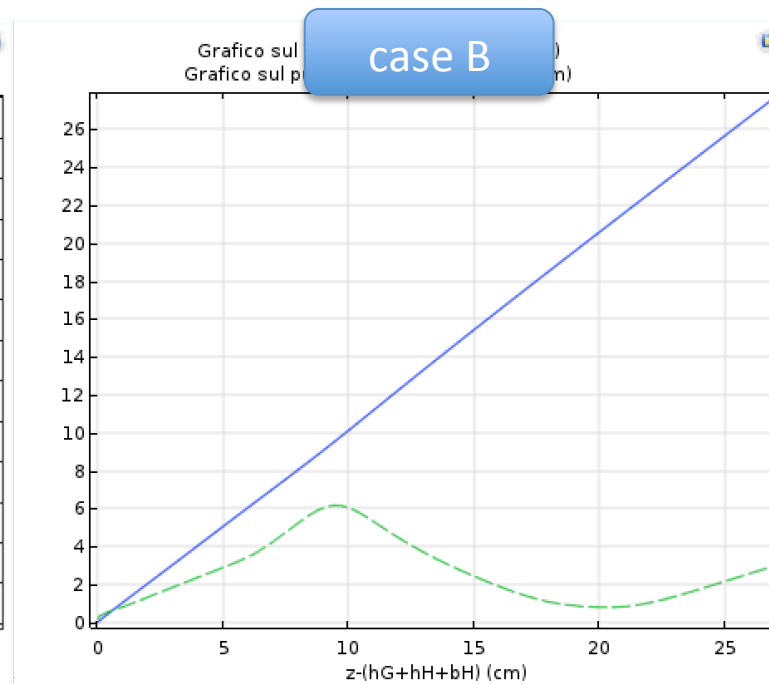
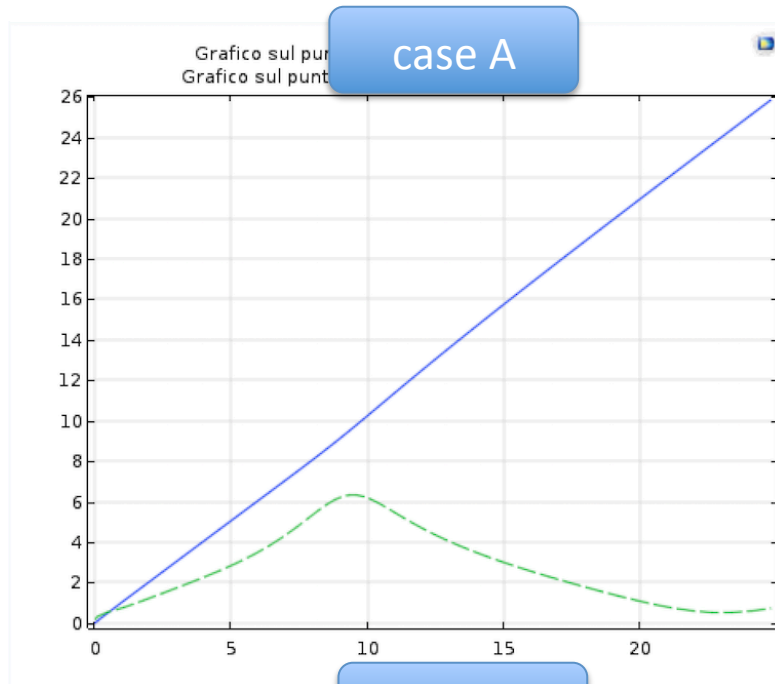
- Etichetta:** Traiettorie delle particelle (cpt)
- Dati:** Set di dati: Particella 1; Tempo (s): 2E-8
- Titolo:** (empty)
- Impostazioni del grafico:** Vista: Automatico; Disegna i dati definiti sui lati (checked); Colore: Nero; Sistema di riferimento: Materiale (x, y, z)
- Legenda colori:** Mostra legende (checked); Mostra valori massimi e minimi (unchecked); Mostra unità (unchecked); Posizione: Destra

Right Panel (3D Plot): Titled "Tempo=2E-8 s Traiettorie delle particelle". It shows a 3D visualization of particle trajectories within a cylindrical structure. A color scale on the right ranges from 0.2 to 1.8 $\times 10^7$. The plot includes a coordinate system (x, y, z) and a vertical axis labeled "cm" with values 0, 20, and 40.

Bottom Panel (Status and Messages):

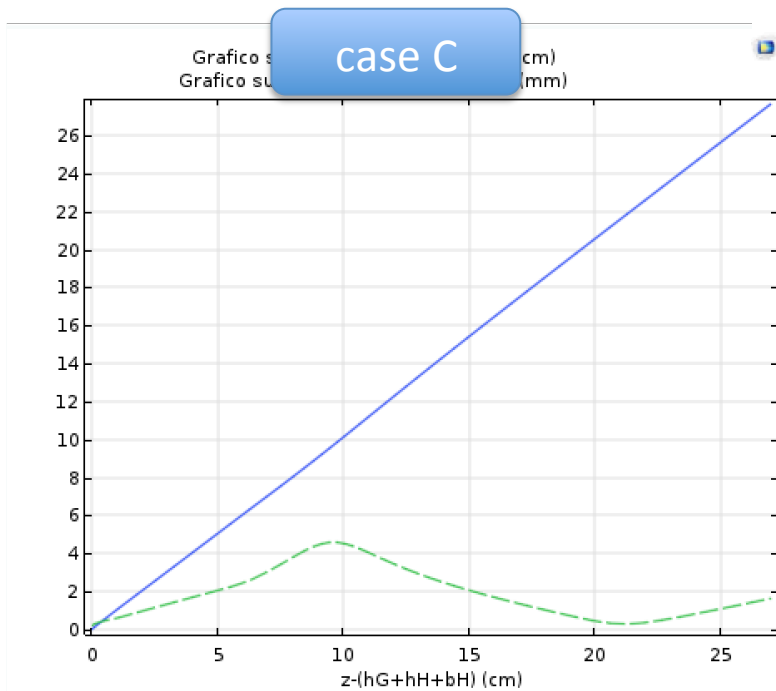
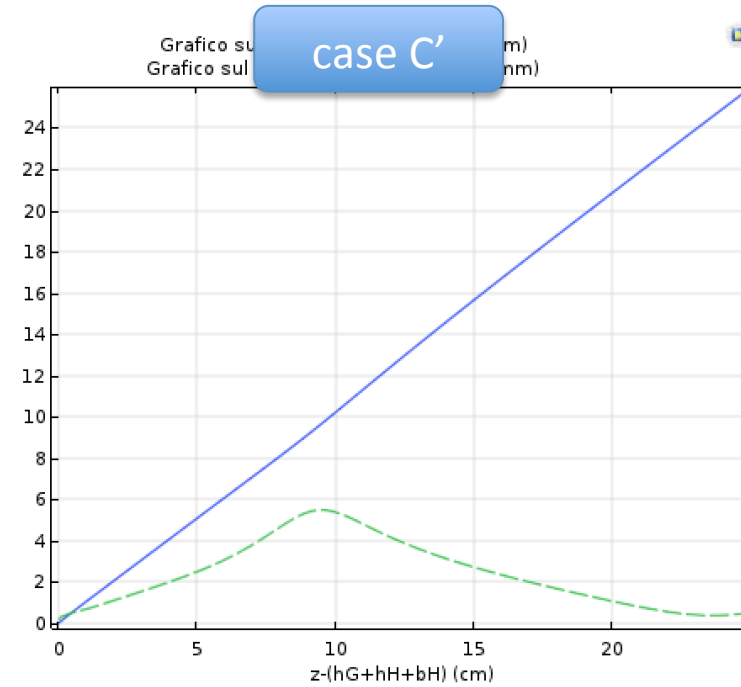
- Messages: Avanzamento, Registro della soluzione, Tabella
- Text: Utilizzata forma geometrica lineare in 18 elemnti di mesh per evitare elementi curvi inverti. Numero dei gradi di libert  da risolvere: 369849. Utilizzata forma geometrica lineare in 228 elemnti di mesh per evitare elementi curvi inverti. Numero dei gradi di libert  da risolvere: 300 (pi  275386 DOFs interni). Tempo di calcolo: 225 s. (3 minuti, 45 secondi)
- System Resources: 1.83 GB | 7.66 GB

The macOS dock at the bottom shows various application icons including Finder, Firefox, a rocket icon, a calendar showing "NOV 24", Music, Messages, Calculator, a graphing tool, a gear icon, Slack, a terminal, Adobe Acrobat, a presentation viewer, a question mark icon, a notepad, and a trash can.



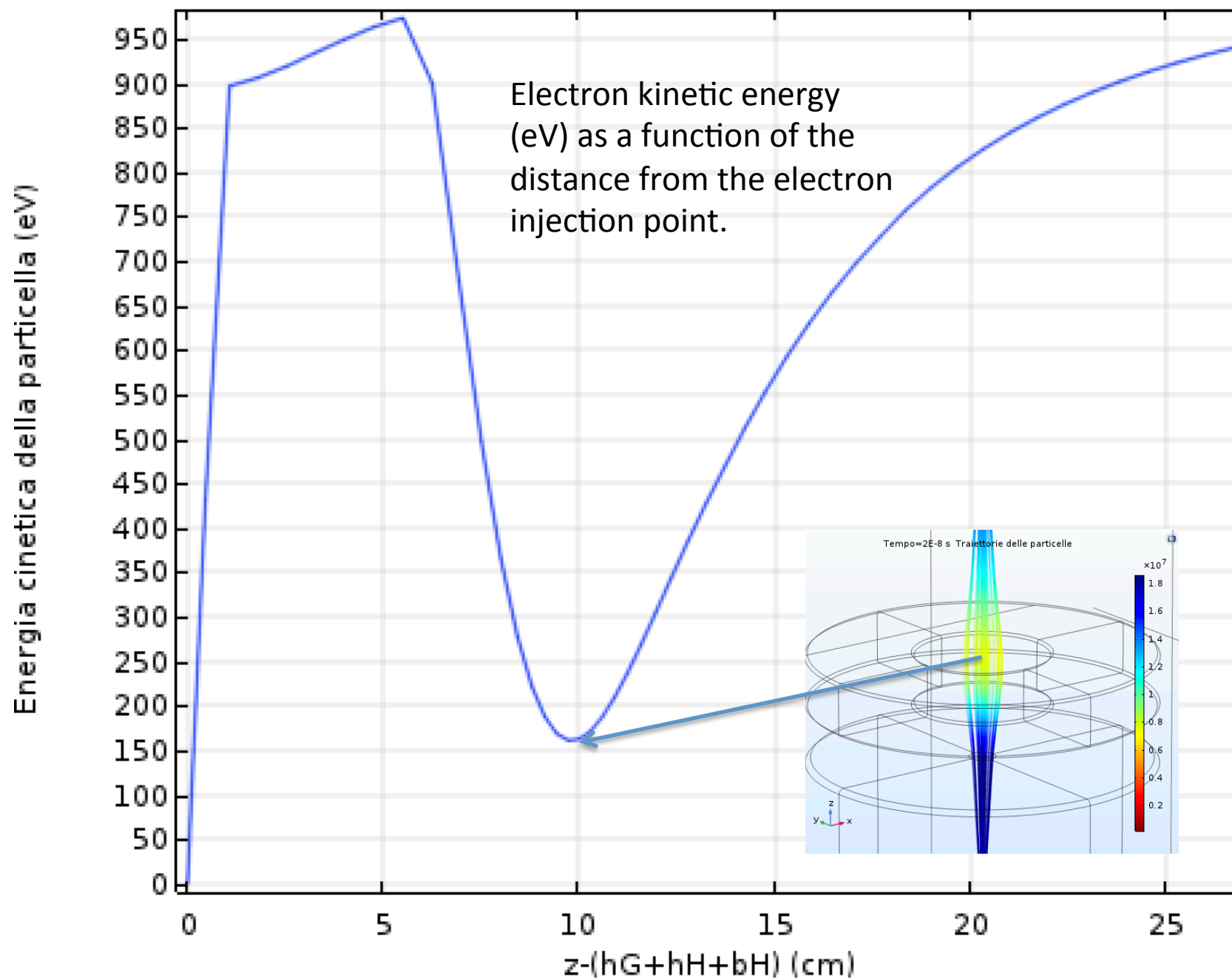
Average electron transverse displacement (green dashed line, in mm) as a function of the distance from the electron injection point.

Case C': like case C, but with ground case original
 This implies that the modification in the ground case can help.



Average electron transverse displacement (green dashed line, in mm) as a function of the distance from the electron injection point.

Grafico sul punto: Energia cinetica della particella (eV)



BACKUP SLIDES

COMSOL Multiphysics File Modifica Finestre Opzioni Strumenti Guida in linea

Electron gun.mph

Tracciamento di particelle cariche Mesh 1 Studio 1 Traiettorie delle particelle (cpt)

Definizioni Geometria Materiali Fisica Mesh Studio Risultati Piano di lavoro 1

Albero de Lista di s Impostazioni Proprietà

Electron gun.mph (root)

- Definizioni globali
- Parametri
- Materiali
- Gun (comp1)
 - Definizioni
 - Geometria 1
 - Materiali
 - Elettrostatica (es)
 - Tracciamento di particelle cariche
 - Parete 1
 - Electron properties
 - Electron emitter
 - Electric force
 - Multiphysics
 - Mesh 1
 - Studio 1
 - Risultati
 - Set di dati
 - Visuali
 - Valori derivati
 - Tabelle
 - Potenziale elettrico (es)
 - E and V on the electron trajectory
 - Superficie 1
 - Frecce su superficie 1
 - E and V on the electron trajectory
 - Traiettorie delle particelle (cpt)
 - Electric force on electrons
 - Electron velocity
 - Electron displacement
 - Electron kinetic energy

Parametri

Nome	Espressione	Valore	Descrizione
aW	15[cm]	0.15 m	
bW	50[cm]	0.5 m	
hG	10[cm]	0.1 m	
aG	6.5[cm]	0.065 m	
bG	11[cm]	0.11 m	
dG	6[cm]	0.06 m	
hH	3.9[cm]	0.039 m	
aH	2.4725[cm]	0.024725 m	
bH	1[cm]	0.01 m	
dH	0.0275[cm]	2.75E-4 m	
hL	5.9[cm]	0.059 m	
aL	2.4[cm]	0.024 m	
bL	0.3[cm]	0.003 m	
dL	dH+aH-aL	0.001 m	
hS	13[cm]	0.13 m	

Grafica Grafico di conv Grafico di conv Grafico di conv

Messaggi Avanzamento Registro della solu Tabella

1.29 GB | 6.99 GB

Utilizzata forma geometrica lineare in 10 elementi di mesh per evitare elementi curvi invertiti.
 Numero dei gradi di libertà da risolvere: 369849.
 Utilizzata forma geometrica lineare in 228 elementi di mesh per evitare elementi curvi invertiti.
 Utilizzata forma geometrica lineare in 18 elementi di mesh per evitare elementi curvi invertiti.
 Numero dei gradi di libertà da risolvere: 300 (più 275386 DOFs interni).
 Tempo di calcolo: 215 s. (3 minuti, 35 secondi)

COMSOL Multiphysics File Modifica Finestre Opzioni Strumenti Guida in linea

Electron gun.mph

Elettrostatica Mesh 1 Studio 1 Traiettorie delle particelle (cpt)

Definizioni Geometria Materiali Fisica Mesh Studio Risultati

Albero de Lista di s Impostazioni Proprietà Grafica

Electron gun.mph (root)

- Definizioni globali
- Parametri
- Materiali
- Gun (comp1)
- Studio 1
- Risultati
 - Set di dati
 - Visuali
 - Valori derivati
 - Tabelle
 - Potenziale elettrico (es)
 - E and V on the electron trajecto
 - E and V on the electron trajecto
 - Traiettorie delle particelle (cpt)
 - Electric force on electrons
 - Electron velocity
 - Electron displacement
 - Electron kinetic energy
 - Esporti
 - Rapporti

Parametri

Nome	Espressione	Valore	Descrizione
dL	dH+aH-aL	0.001 m	
hS	13[cm]	0.13 m	
aS	4[cm]	0.04 m	
bS	2[cm]	0.02 m	
dS	aG-aS	0.025 m	
re	0.1[cm]	0.001 m	
rg	0.2[cm]	0.002 m	
rs	0.1[cm]	0.001 m	
Vinf	0[V]	0 V	
VH	-1000[V]	-1000 V	
VL	-100[V]	-100 V	
VS	-980[V]	-980 V	
Ke	0.05[eV]	8.0109E-21 J	
T	2e-8[s]	2E-8 s	

Grafica

Tempo=2E-8 s Traiettorie delle particelle

Messaggi Avanzamento Registro della solu Tabella

COMSOL Multiphysics 5.3.0.316
 Aperto file: /Users/ofeliapisanti/Documents/Comsol/Electron gun.mph
 Alcune entità geometriche sono mancanti.

847 MB | 6716 MB

COMSOL Multiphysics File Modifica Finestre Opzioni Strumenti Guida in linea

Electron gun.mph

Definizioni Geometria Materiali Fisica Mesh Studio Risultati E and V on the electron trajectory plane

Albero de Lista di s

- Electron gun.mph (root)
 - Definizioni globali
 - Parametri
 - Materiali
 - Gun (comp1)
 - Studio 1
 - Risultati
 - Set di dati
 - Visuali
 - Valori derivati
 - Tabelle
 - Potenziale elettrico (es)
 - E and V on the electron trajectory plane
 - E and V on the electron trajectory plane
 - Traiettorie delle particelle (cpt)
 - Electric force on electrons
 - Electron velocity
 - Electron displacement
 - Electron kinetic energy
 - Esporti
 - Rapporti

Impostazioni Proprietà

Gruppo di plot 2D

Disegna ← →

Etichetta: E and V on the electron trajectory plane

Dati

Set di dati: Electron trajectory plane

Tempo (s): 1.0204E-8

Titolo

Impostazioni del grafico

Vista: Automatico

Etichetta per l'asse x:

Etichetta per l'asse y:

Visualizza le entità nascoste

Estendi a dimensioni inferiori

Disegna i dati definiti sui lati

Colore: Nero

Sistema di riferimento: Materiale (X, Y, Z)

Legenda colori

Mostra legende

Mostra valori massimi e minimi

Grafica

Tempo=1.0204E-8 s Superficie: Potenziale elettrico (V)
Frecce su superficie:

965 MB | 6818 MB

COMSOL Multiphysics 5.3.0.316
Aperto file: /Users/ofeliapisanti/Documents/Comsol/Electron gun.mph
Alcune entità geometriche sono mancanti.

Arrows indicate the opposite of the electric field