

# Métodos Numéricos em Física Médica

## 11<sup>a</sup> aula

# MCNPX

# Introdução

---

MCNPX = Monte-Carlo N-Particle X

- Código que permite o transporte de qualquer tipo de partícula utilizando métodos de Monte-Carlo

## Execução

mcnpx i=<input> ip \_\_\_\_\_> visualização gráfica

mcnpx i=<input> o=<output> \_\_\_\_\_> correr simulação

*Atenção: o ficheiro de input/output não pode ter mais 8 caracteres.*

Geral:

Mcnpix i=<input> o=<output> [opções]

# Introdução

---

- Unidades utilizadas no MCNPX:
  - Comprimento (cm)
  - Energia (MeV)
  - Densidade mássica ( $\text{g cm}^{-3}$ )
  - Densidade atómica ( $10^{-24} * \text{cm}^{-3} = \# / (\text{cm-barn})$ )
  - Secções eficazes (barns)

# Estrutura do ficheiro de input

88 caracteres por linha ('&' indica que continua na linha seguinte)

geometria

Title card ----- primeira linha  
CELL CARDS (linhas com a definição das  
células)

<linha em branco>

c SURFACE CARDS (linhas com a definição das superfícies)

<linha em branco>

c DATA CARDS

m... (materiais) \$ (ex:alumínio)

Sdef (source definition)

Sp.. (source probability.)

etc.

f (definição de tallies – grandezas a calcular)

<linha em branco>

Dados de materiais  
Fontes  
Física  
Tallies  
...

# Exemplo

---

Titulo

c células

1 1 -1 -1 imp:p=1

2 0 1 imp:p=0

c superfícies

1 s 0 0 0 5 \$ esfera raio 5 cm

c dados

mode p

m1 1001 2 8016 1

sdef par=2 pos=0 0 0 erg=1

nps 1000

mcnpx i=<input> ip → visualização gráfica

mcnpx i=<input> o=<output> → correr simulação

Notas: - 80 colunas por linha

- c significa comment
- \$ significa comentário após linha
- Não utilizar TAB

# Exercício 1

---



Copiar o código escrito na página anterior e correr o código em modo visualização e em modo de correr.

# Ferramenta de visualização

---

- Na ferramenta de visualização pode utilizar vários comandos:
  - ✓ `px, py, pz` → visualizar nos planos definidos desta forma.
  - ✓ `cursor` → permite escolher uma parte do visualizador em detalhe a partir do cursor.
  - ✓ `factor` → permite fazer zoom in e out pelo factor referido.
  - ✓ `scales` → 0,1,2 permite desenhar escalas no desenho.
  - ✓ `label` → 0,1... permite colocar labels nas superfícies, células e nos materiais (separados por vírgulas)
  - ✓ `help,?,options` → lista dos comandos disponíveis.

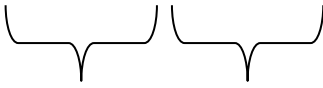
# Geometria


## CELL E SURFACE CARDS

- Superfícies e células são numeradas de 1 a 9999
  - sólidos geométricos simples são definidos por comandos que definem superfícies
    - Planos (px, py, pz)
    - Esferas (s, s0)
    - Cilindros (cx, cy, cz)
    - Cones (kx, ky, kx)
    - etc.
  - Células são definidas através de operações booleanas sobre as superfícies definidas.
  - TODO o espaço tem de ficar definido

*EXEMPLO geral de célula:*

1	1	-15		
2	0		-1	imp:p,e=1
			1	imp:p,e=0

 material      dens

 superfícies      dados como a importancia

*EXEMPLOS Superfícies*

1 px 5 (plano perpendicular ao eixo dos x=5 cm)  
2 so 10 (esfera centrada no centro (0,0,0) com r=10 cm)  
3 cy 20 (cilindro ao longo do eixo dos y com 20 cm de raio)

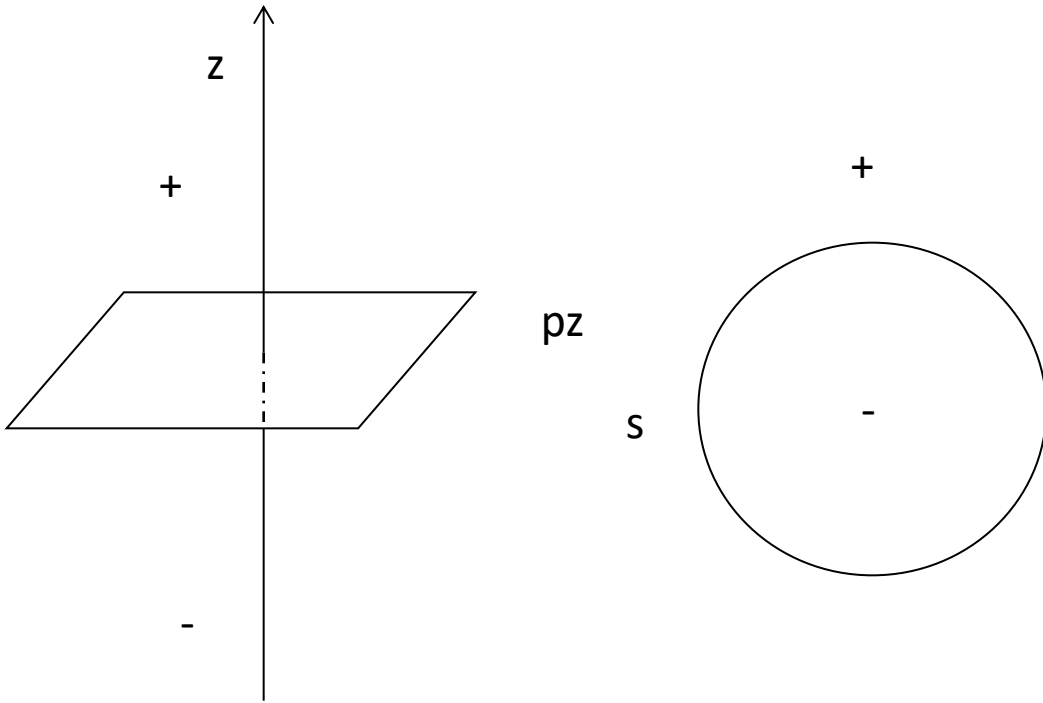


# Geometria

Mnemonic	Type	Description	Equation	Card Entries			
P	Plane	General	$Ax + By + Cz - D = 0$	A B C D			
PX		Normal to x-axis	$x - D = 0$	D			
PY		Normal to y-axis	$y - D = 0$	D			
PZ		Normal to z-axis	$z - D = 0$	D			
SO	Sphere	Centered at Origin	$x^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0$	R			
S		General	$(x - \bar{x}) + (y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$	Mnemonic	Type	Description	Equation
SX		Centered on x-axis	$(x - \bar{x})^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0$	SQ	Ellipsoid Hyperboloid Paraboloid	Axis not parallel to x-, y-, or z-axis	$A(x - \bar{x})^2 + B(y - \bar{y})^2 + C(z - \bar{z})^2 + 2D(x - \bar{x}) + 2E(y - \bar{y}) + 2F(z - \bar{z}) + G = 0$
SY		Centered on y-axis	$x^2 + (y - \bar{y})^2 + z^2 - R^2 = 0$	GQ	Cylinder Cone Ellipsoid Hyperboloid Paraboloid	Axes not parallel to x-, y-, or z-axis	$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz + Fzx + Gx + Hy + Jz + K = 0$
SZ		Centered on z-axis	$x^2 + y^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$				
C/X	Cylinder	Parallel to x-axis	$(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$	TX	Elliptical or Circular Torus.	Axis is parallel to x-,y-, or z- axis	$(x - \bar{x})^2 / B^2 + \left( \sqrt{(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2} - A^2 \right) / C^2 - 1 = 0$
C/Y		Parallel to y-axis	$(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2 - R^2 = 0$	TY			$(y - \bar{y})^2 / B^2 + \left( \sqrt{(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2} - A^2 \right) / C^2 - 1 = 0$
C/Z		Parallel to z-axis	$(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2 - R^2 = 0$	TZ			$(z - \bar{z})^2 / B^2 + \left( \sqrt{(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2} - A^2 \right) / C^2 - 1 = 0$
CX		On x-axis	$y^2 + z^2 - R^2 = 0$	K			
CY		On y-axis	$x^2 + z^2 - R^2 = 0$	R			
CZ		On z-axis	$x^2 + y^2 - R^2 = 0$	R			
K/X	Cone	Parallel to x-axis	$\sqrt{(y - \bar{y})^2 + (z - \bar{z})^2} - t(x - \bar{x}) = 0$	$\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ t^2 \pm 1$			
K/Y		Parallel to y-axis	$\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (z - \bar{z})^2} - t(y - \bar{y}) = 0$	$\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ t^2 \pm 1$			
K/Z		Parallel to z-axis	$\sqrt{(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2} - t(z - \bar{z}) = 0$	$\bar{x} \ \bar{y} \ \bar{z} \ t^2 \pm 1$			
KX		On x-axis	$\sqrt{y^2 + z^2} - t(x - \bar{x}) = 0$	$\bar{x} \ t^2 \pm 1$			

# Geometria

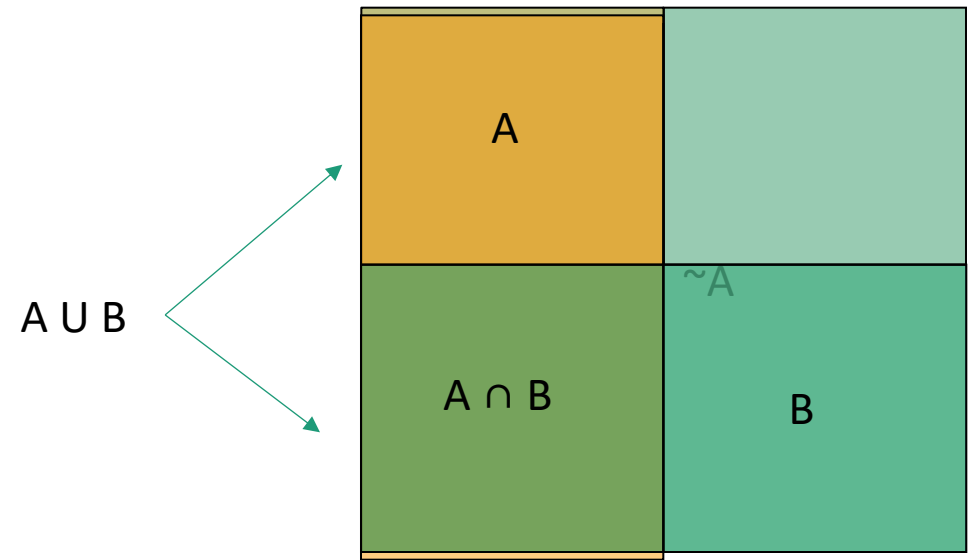
## SINAIS



Explicação dos sinais – e + na definição das células

## OPERAÇÕES BOOLEANAS

- o Intersecção (e) -> é um espaço “ “
- o Reunião (ou) -> é o sinal dois pontos “:”
- o Complementar (negação) -> é o sinal “#”



# Exercício 2

---



Desenhar uma esfera no vácuo no ponto  $(0,26,0)$  com  $r=3$  cm e visualizar a estrutura.

# Materiais

---

- O commando é: `Mm ZAID1 fraction1 ZAID2 fraction2 ...`

*m* = corresponde ao número do material no ficheiro

- *ZAID<sub>i</sub>* = identificador do nuclídeo no formato:

*ZZZAAA.nnX*

*ZZZ* é o número atómico, *AAA* é a massa atómica

*nn* identifica a biblioteca, e *X* a classe de dados

Os dois últimos não são obrigatórios, sendo usados por defeito.

- *fraction<sub>i</sub>* = fracção atómica (ou fracção ponderada se com sinal menos) constituinte *i* no material



Exemplo: Água: `m1 1001 2 8016 1`

Exemplo 2 (por alto): Ar: `m2 8016 -0.23 7014 -0.70 6012 -0.02 1001 -0.01`

titulo: ejercicio 2

C cell cards

1 0 -1 imp:p=1

2 0 1 imp:p=0

C surface cards

1 s 0 26 0 3

(1 sy 26 3)

C data cards

mode p

# Exercício 3

---



Acrescentar uma segunda esfera centrada em 0,13,10 de raio 3 cm e fazer as duas esferas de água e visualizar.

NOTA:

Para inserir o material e densidade na célula usar o formato visto nos slides anteriores.

titulo: exercicio 3

C cell cards

1 1 -1.0 -1 imp:p=1

2 1 -1.0 -2 imp:p=1

3 0 1 2 imp:p=0

C surface cards

1 s 0 26 0 3

2 s 0 13 10 3

C data cards

mode p

m1 1001 2 8016 1

# Exercício 4

---



Acrescentar dois cilindros e visualizar:

1. Centro da base na origem, eixo segundo  
yy, altura 12, raio 5
2. Centro da base em 0,12,0 , eixo segundo  
yy, altura 8, raio 5



titulo: exercicio 4

C cell cards

1 1 -1.0 -1 2 -3 imp:p=1

2 1 -1.0 -1 3 -4 imp:p=1

3 1 -1.0 -5 imp:p=1

4 1 -1.0 -6 imp:p=1

5 0 #1 #2 #3 #4 imp:p=0

C surface cards

1 cy 5

2 py 0

3 py 12

4 py 20

5 s 0 26 0 3

6 s 0 13 10 3

mode p

m1 1001 2 8016 1

# Exercício 5

---



Acrescentar uma caixa a envolver as esferas e os cilindros:

Coordenadas da caixa

Eixo dos  $xx$ : -9 9

Eixo dos  $yy$ : -2 30

Eixo dos  $zz$ : -15 15

titulo: exercicio 6

C cell cards

1 1 -1.0 -1 2 -3 imp:p=1

2 1 -1.0 -1 3 -4 imp:p=1

3 1 -1.0 -5 imp:p=1

4 1 -1.0 -6 imp:p=1

5 1 -1.0 7 -8 9 -10 11 -12 #1 #2 #3 #4 imp:p=1

6 0 #1 #2 #3 #4 #5 imp:p=0

C surface cards

1 cy 5

2 py 0

3 py 12

4 py 20

5 s 0 26 0 3

6 s 0 13 10 3

7 px -9

8 px 9

9 py -2

10 py 30

11 pz -15

12 pz 15

mode p

m1 1001 2 8016 1