

# GEANT4

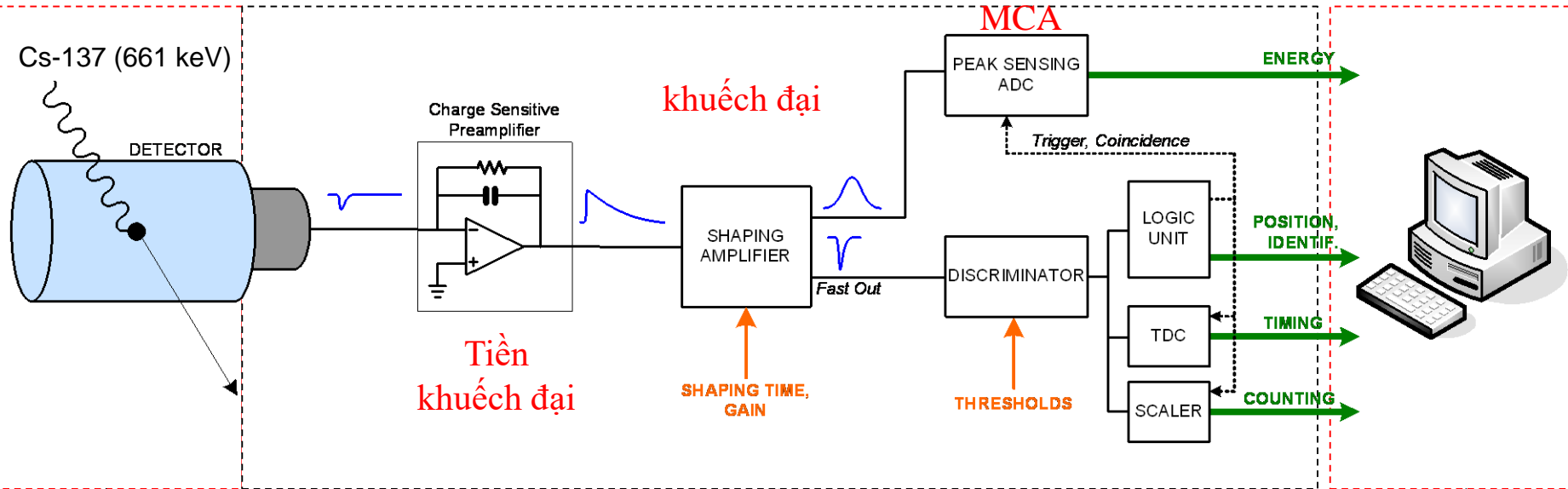
## (GEometry ANd Tracking )

**Geant4** is a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter)

### LECTURE 1

1. Detector ghi nhận bức xạ
2. Gamma tương tác với vật chất
3. Phương pháp Monte-Carlo
4. Lập trình C++
5. Bài toán xây dựng mô phỏng trên hệ đo NaI(Tl) và HPGe.
6. Geant4

# 1. Detector ghi nhận bức xạ



Nang luong gamma  
de lai trong Vat lieu  
detector.

VD: NaI(Tl)

**Do phan giai  
 $R(E)$**

Thuc nghiem xac dinh

**Pho ghi nhan  
duoc**

Hệ đo phổ gamma bao gồm đầu dò và hệ xử lý tín hiệu điện ra từ đầu dò

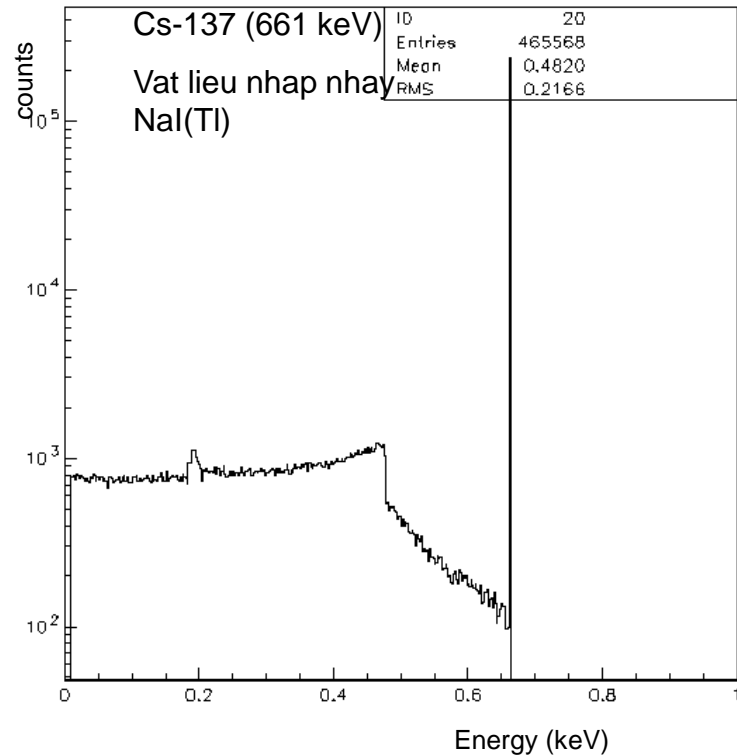
# Đáp ứng phổ năng lượng

Năng lượng gamma  
để lại trong Vật liệu  
detector.

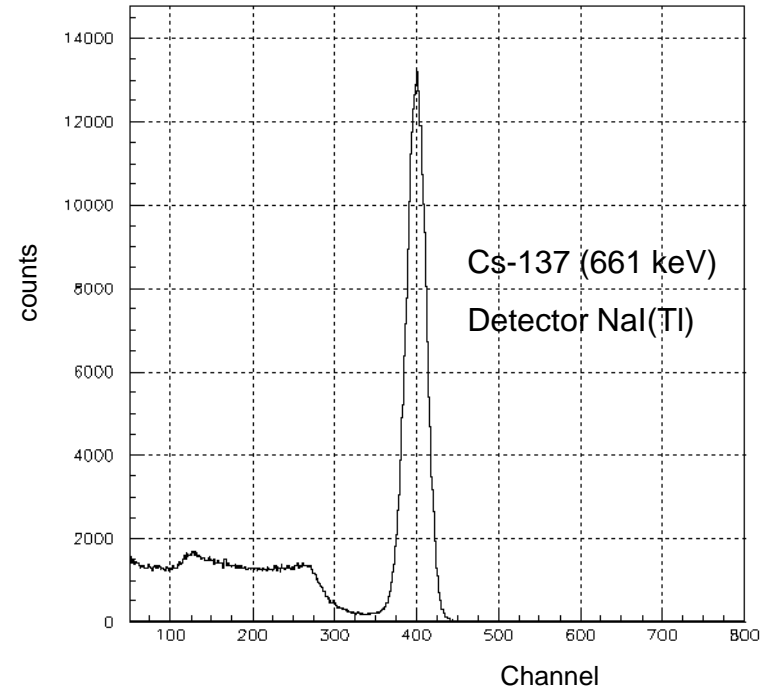
VD: NaI(Tl)

Đo phản giai  
 $R(E)$

Pho ghi nhận  
được



$R(E)$



# Tương tác bức xạ với vật chất

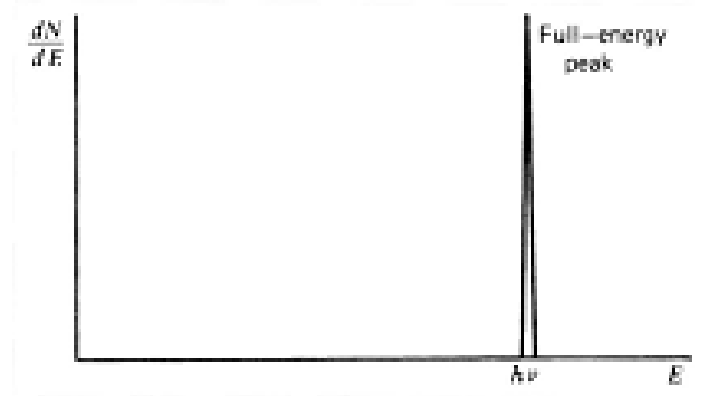
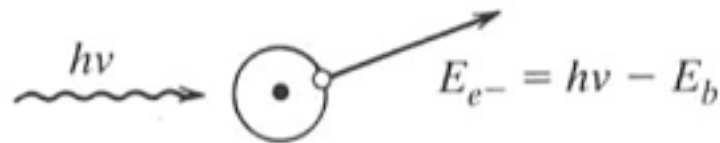
Charged particles	Photons, $\gamma$
<p>Ionisation (hard collision) and excitation (soft collision) (Ion hóa và kích thích)</p> <p>Bremsstrahlung (Bức xạ hãm)</p>	<p>Photoelectric effect (hiệu ứng quang điện)</p> <p>Compton scattering (tán xạ Compton)</p> <p>Pair production (Hiệu ứng tạo cặp)</p> <p>Rayleigh-scattering (tán xạ Rayleigh)</p>
<p>Cherenkov radiation (bức xạ Cherenkov)</p> <p>Transition radiation</p>	

## 2. Gamma tương tác với vật chất

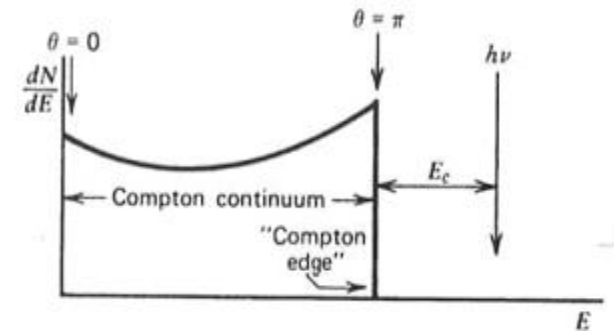
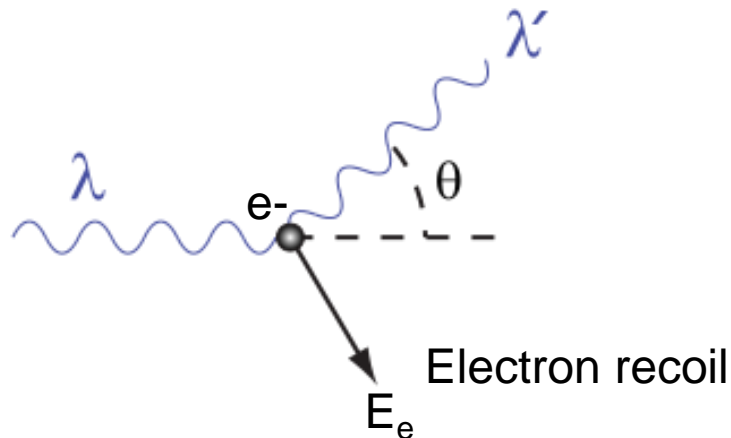
- Có 3 loại tương tác cơ bản của bức xạ gamma với vật chất.

- (1) Hiệu ứng quang điện; (2) hiệu ứng tán xạ Compton; (3) Hiệu ứng tạo cặp  $e^-/e^+$
- Xác suất xảy ra tương tác phụ thuộc vào năng lượng gamma tới và số khối A của vật liệu

### 1/. Hiệu ứng quang điện (Photo-electric absorption; photo-effect )

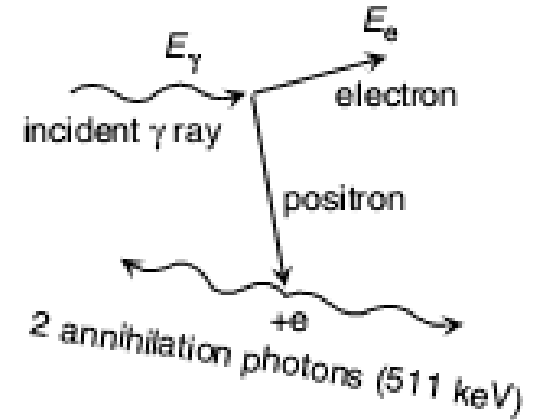
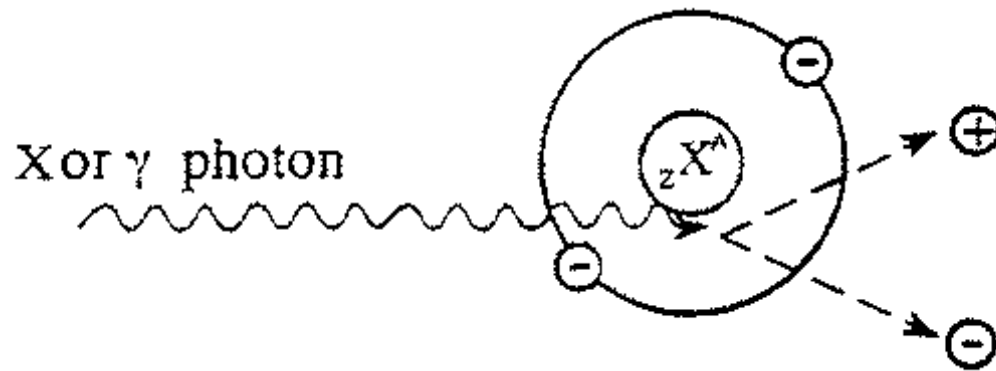


### 2/. Tán xạ Compton (Compton scattering)



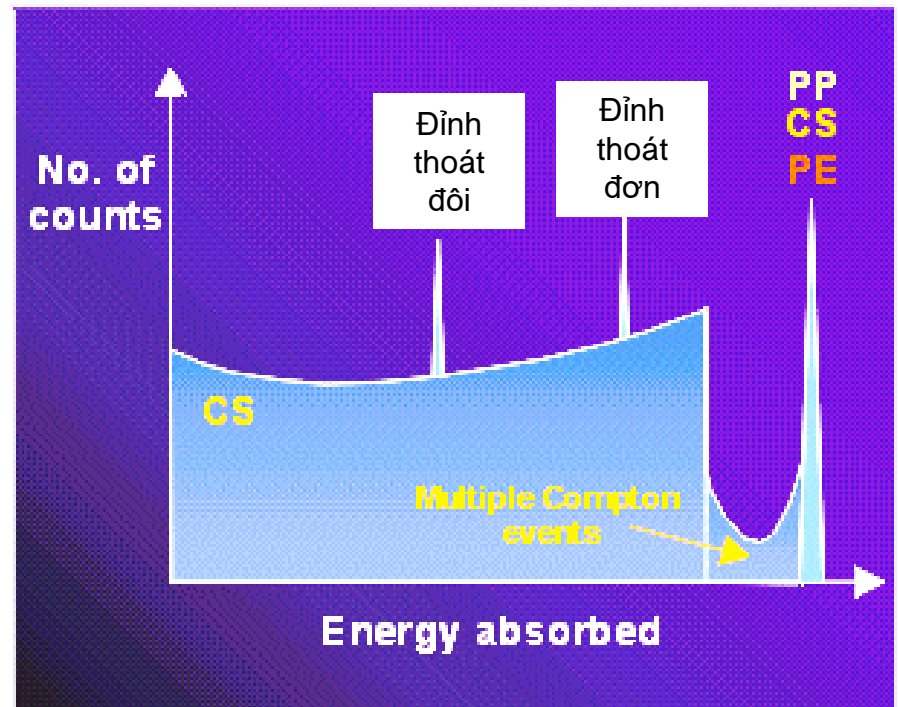
$$E_{e^-} = h\nu - h\nu' = h\nu \left( \frac{(h\nu/m_0c^2)(1 - \cos(\theta))}{1 + (h\nu/m_0c^2)(1 - \cos(\theta))} \right)$$

### 3/. Tạo cặp (Pair production)



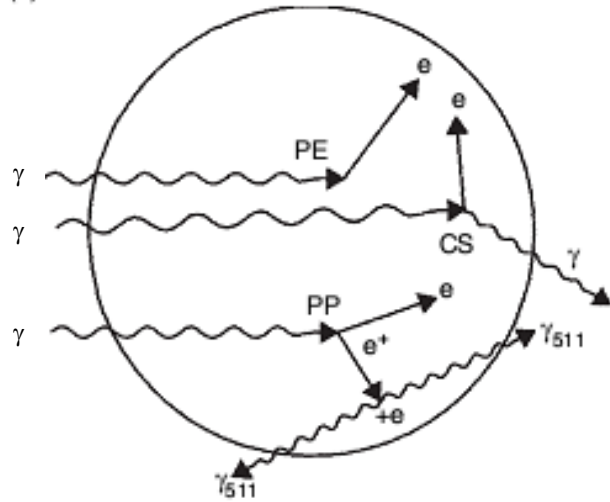
$$E_{e-} + E_{e+} = E_\gamma - 2m_0c^2 = E_\gamma - 1,022$$

Năng lượng đỉnh thoát đơn:  $h\nu - m_0c^2$   
 Năng lượng đỉnh thoát đôi:  $h\nu - 2m_0c^2$

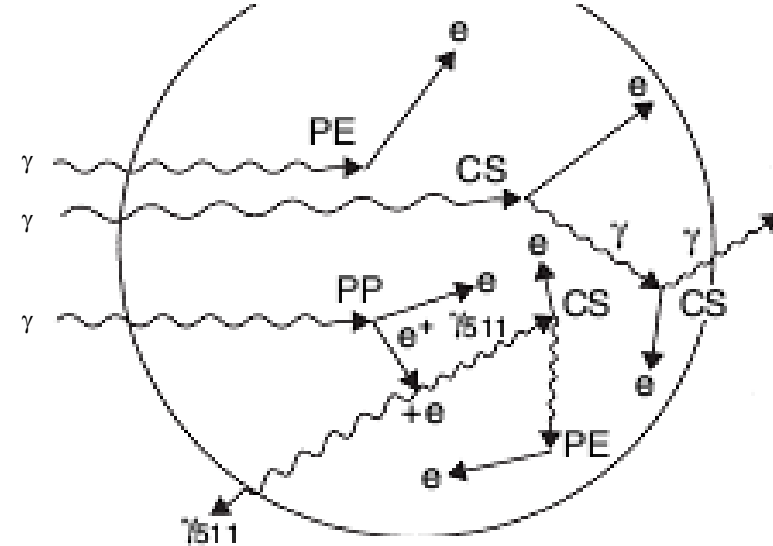


# ĐÁP ỨNG PHỔ NĂNG LƯỢNG CỦA DETECTOR

(a)



Khi kích thước detector lớn



Thoát đơn

Khi gamma tương tác với môi trường detector, dạng đáp ứng của detector

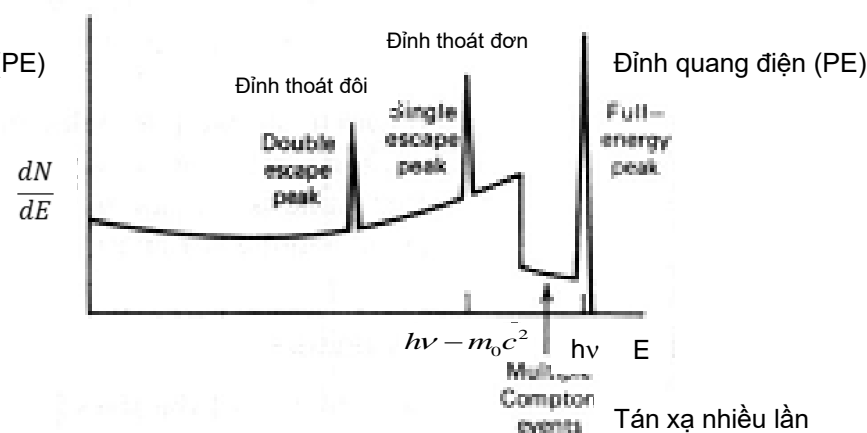
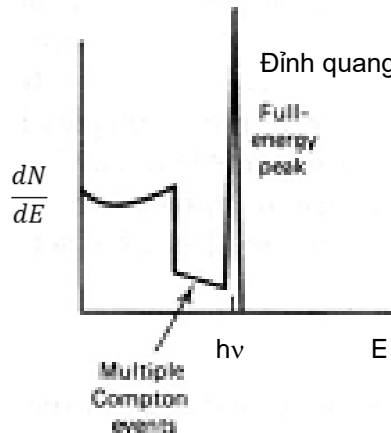
PE: Hiệu ứng quang điện (Photo-effect)

CS: Hiện ứng tán xạ Compton (Compton Scattering)

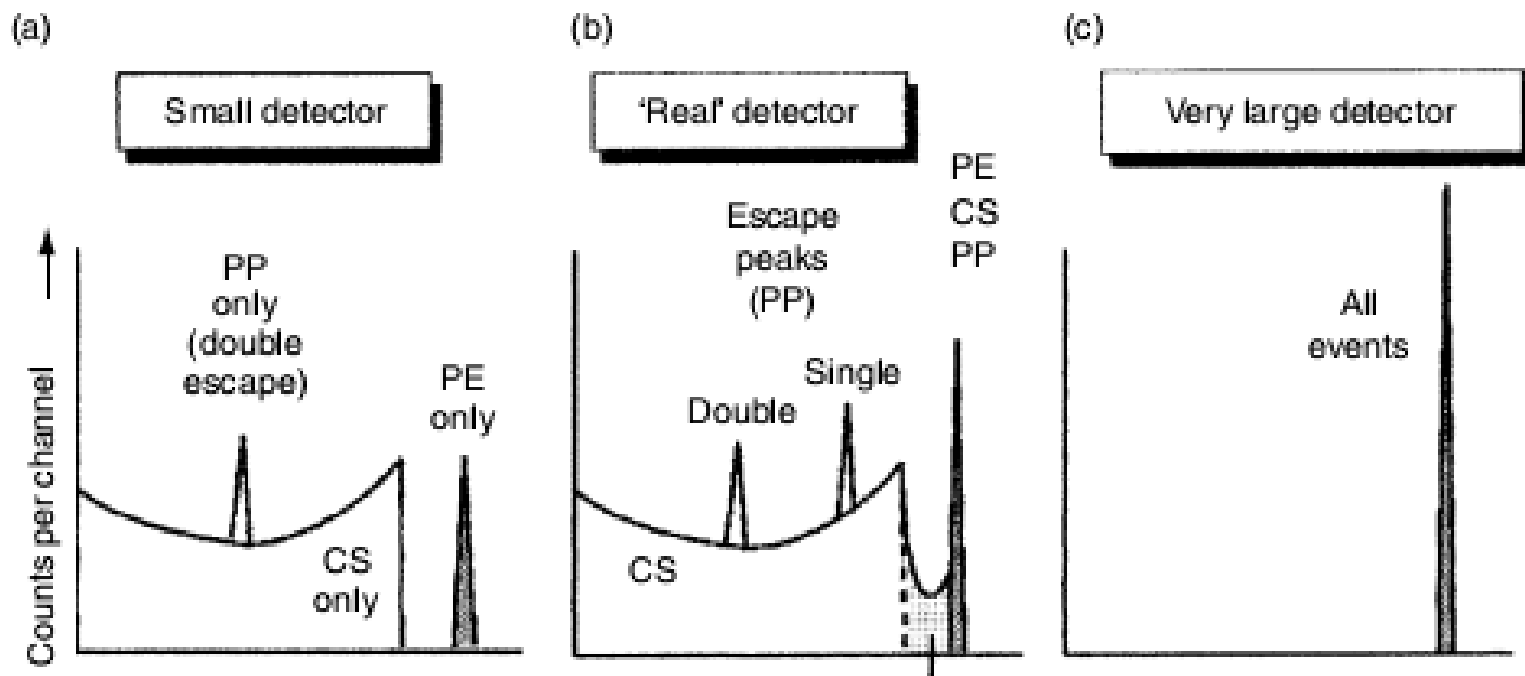
PP: Hiệu ứng tạo cặp (Pair Production)

$$h\nu < 2m_0c^2 (2 \times 511 = 1022 \text{ keV})$$

$$h\nu \gg 2m_0c^2$$



## Đáp ứng của detector phụ thuộc vào kích thước của detector





$$I / I_0 = \exp[-(\mu / \rho)x]$$

$$\mu / \rho = x^{-1} \ln(I_0 / I)$$

$$\mu / \rho = \sigma_{tot} / uA$$

$$\sigma_{tot} = \sigma_{quangdien} + \sigma_{compton} + \sigma_{taocap}$$

Hệ số suy giảm khối của gamma ( $\mu/\rho$ ) – Gamma Mass Attenuation coefficient

$$\mu / \rho = (\mu_{quangdien} + \mu_{Compton} + \mu_{taocap}) / \rho = (\sigma_{quangdien} + \sigma_{compton} + \sigma_{taocap}) / uA$$

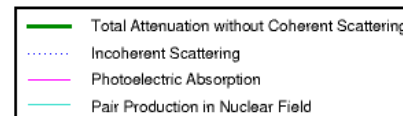
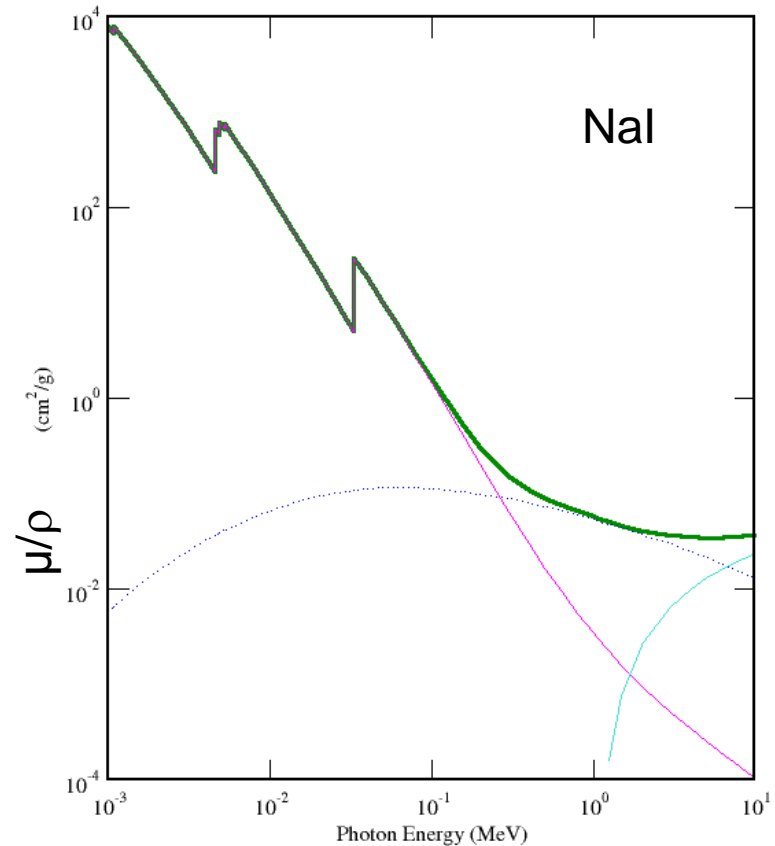
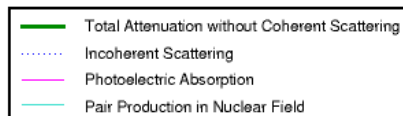
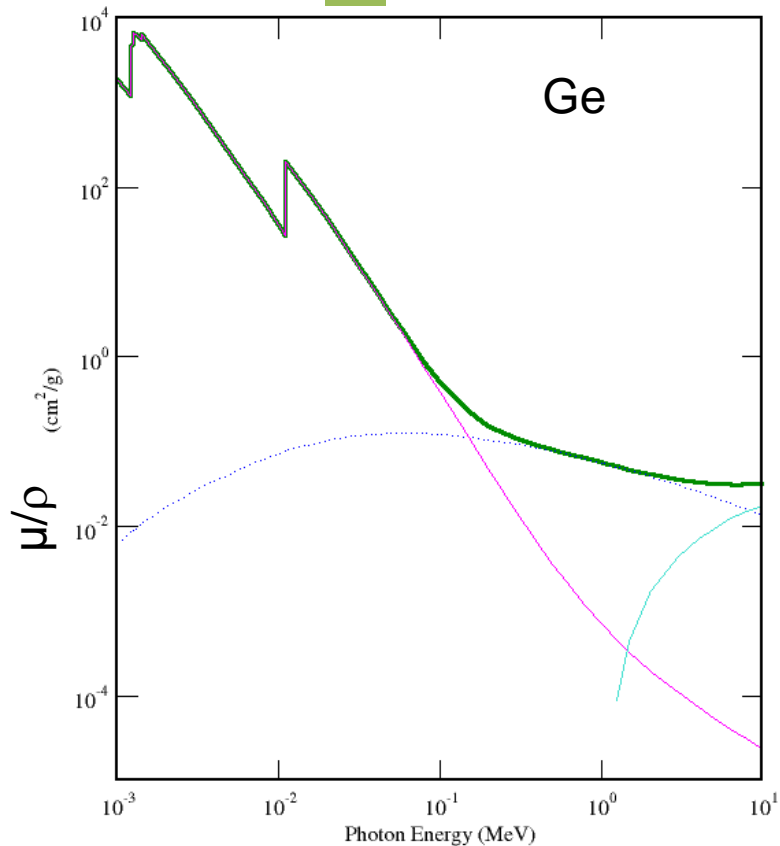
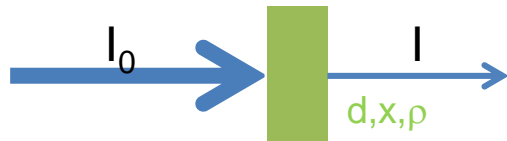
$u = 1,660.10^{-24}g$  (Nguyên tử khối = 1/12 khối lượng C)

$x = \rho.d$  : Bề dày khối [g/cm<sup>2</sup>]

$\rho$  : Mật độ khối [g/cm<sup>3</sup>];  $\mu$ : hệ số suy giảm [cm<sup>-1</sup>]

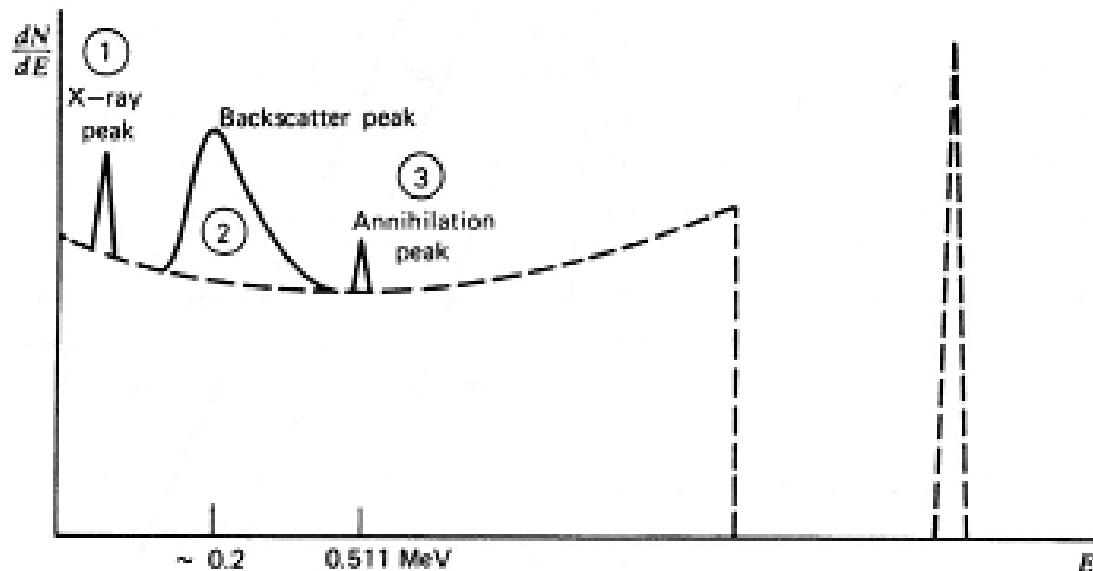
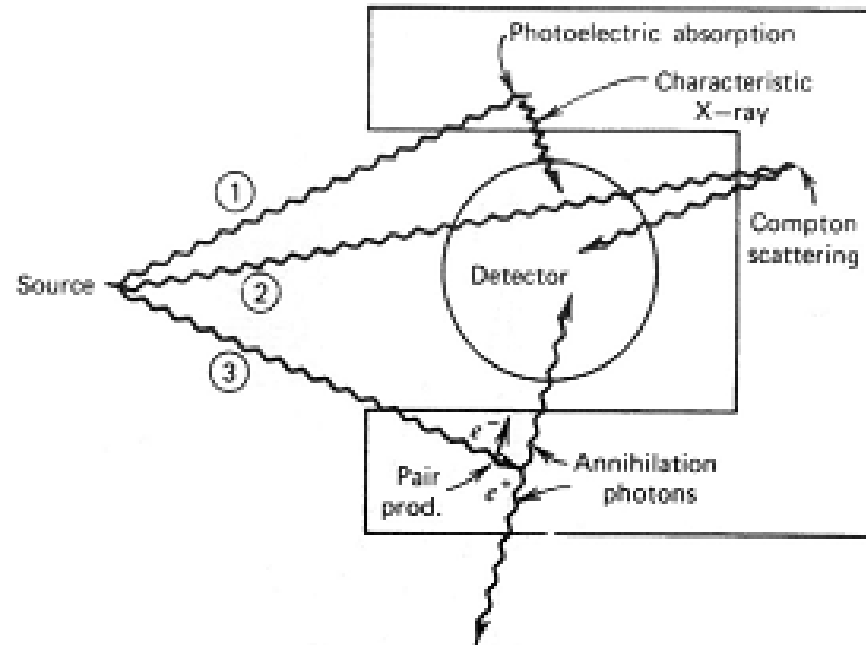
$d$  : Bề dày vật liệu [cm];  $A$ : Số Avogadro ( $6,022.10^{23}$ )

$\sigma$ : Tiết diện tương tác (cross section) [cm<sup>2</sup>]; [barn]= $10^{-24}cm^2$



## EFFECTS OF SURROUNDING MATERIALS

(sự ảnh hưởng của yếu tố bên ngoài – do vật liệu che chắn bên ngoài)



1. Tia X đặt trưng của vật liệu ngoài
2. Tán xạ ngược của vật liệu ngoài
3. 1 gamma 511 keV của vật liệu ngoài vào detector

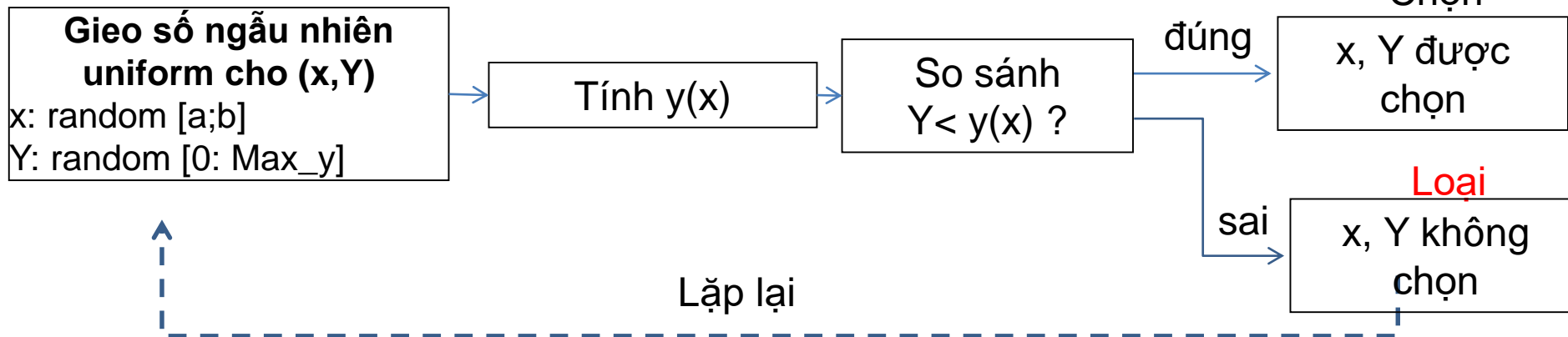
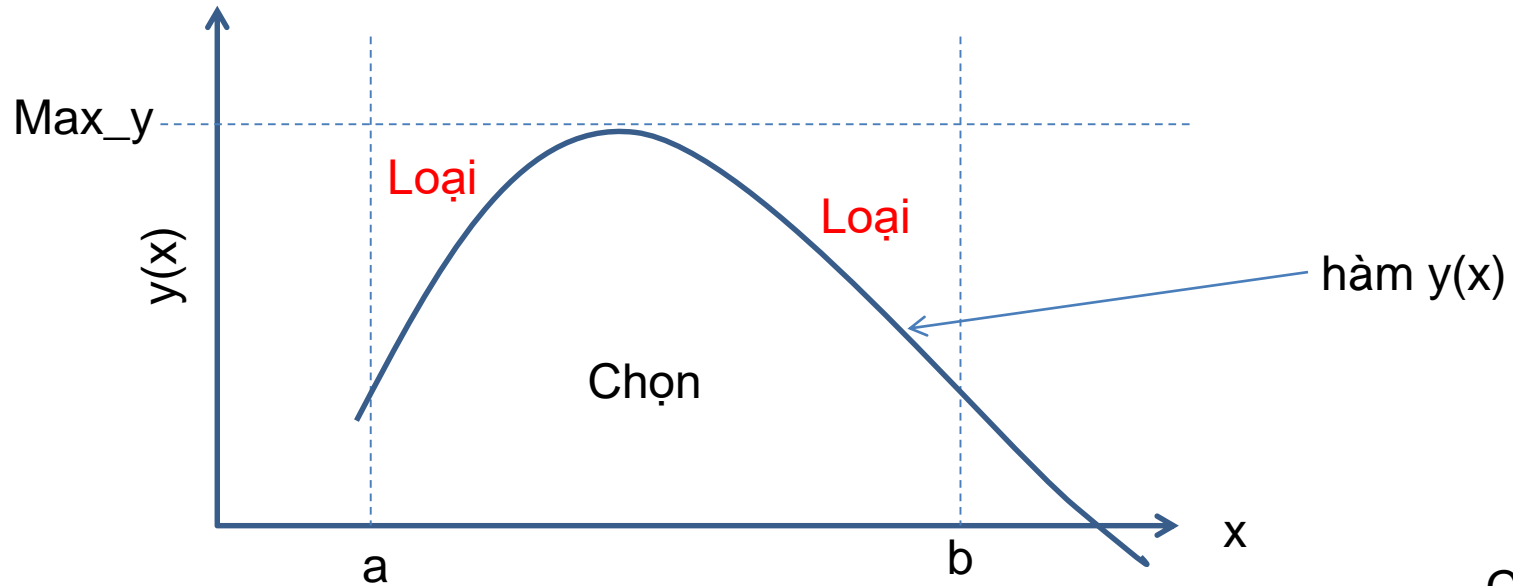
### 3. PHƯƠNG PHÁP MONTE-CARLO

# PHƯƠNG PHÁP MONTE-CARLO

Trong Vật lý, phương pháp Monte-Carlo dùng **số gieo ngẫu nhiên** để thực hiện **xây dựng hàm** (phương trình), tính toán xác suất, ...

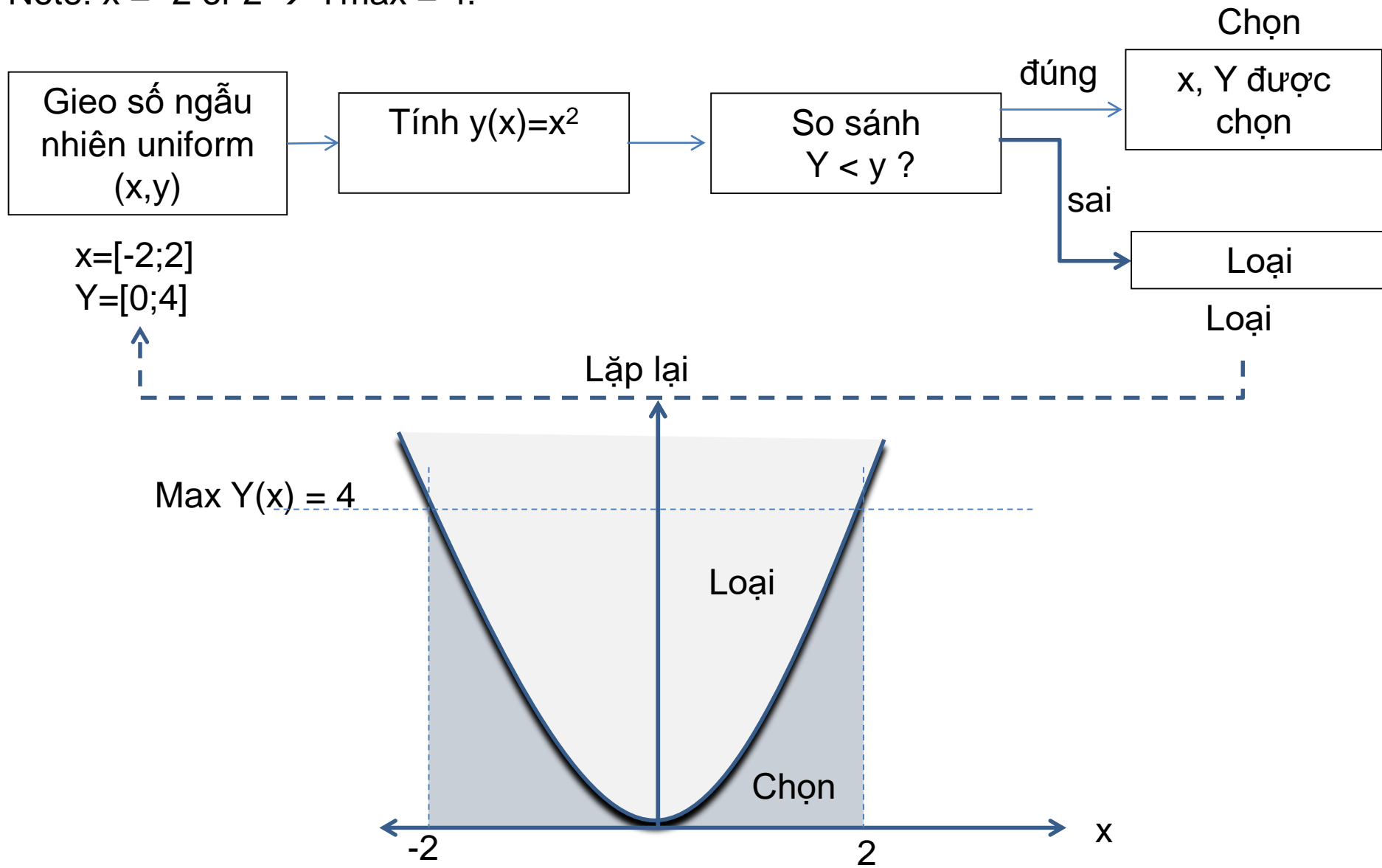
## Phương pháp Acceptance-rejection method (Von Neumann):

Xây dựng hàm  $y(x)$  trong khoảng  $[a:b]$  sử dụng phương pháp Monte-Carlo.



**Bài tập 1:** Xây dựng **phương trình  $y(x) = x^2$**  trong khoảng  $x=[-2;2]$ . Viết chương trình c++ và vẽ phổ. Kiểm tra kết quả bằng cách fit hàm bậc 2 và đánh giá.

Note:  $x = -2$  or  $2 \rightarrow Y_{\max} = 4$ .



# Tạo hàm Gauss bằng phương pháp Monte Carlo

## Bài tập 2:

1. Xây dựng phân bố chuẩn gaussian (standard Gaussian distribution) sử dụng phương pháp Monte Carlo.
2. Viết chương trình C++, cho bài toán trên.

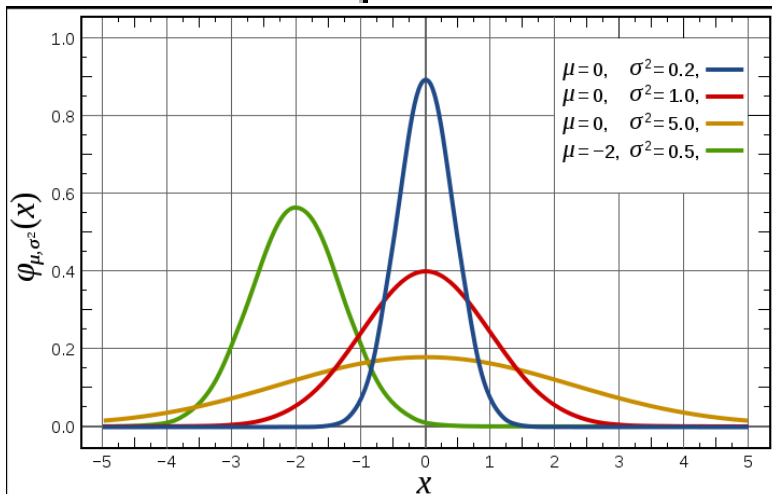
### Ly thuyết:

Normal (or Gaussian) distribution:

$$f(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Standard Normal distribution ( $\mu = 0$ ;  $\sigma = 1$ )

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2}$$



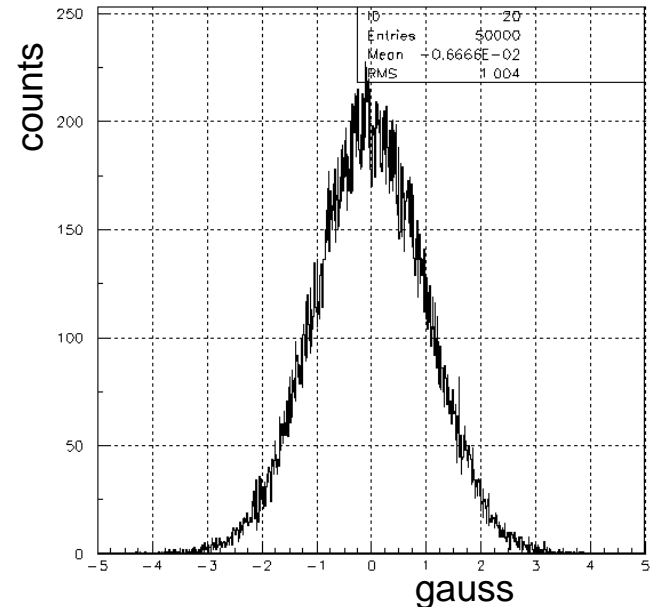
### Phương pháp: Monte Carlo

r1, r2 là random ngẫu nhiên trong khoảng (0,1)

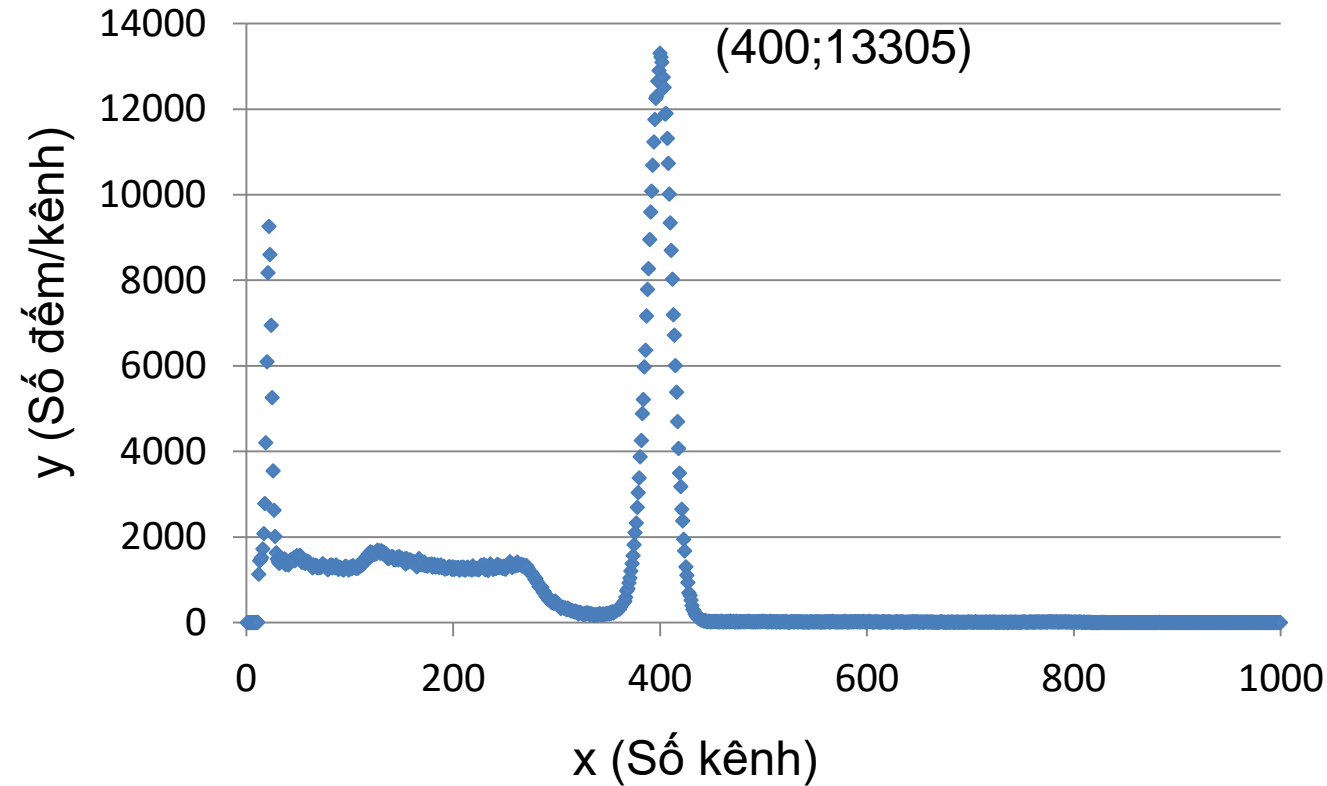
$x1 = \sqrt{-2.0 \cdot \ln(r1)}$

$x2 = \sin(2.0 \cdot \pi \cdot r2)$

$gauss = x1 \cdot x2$



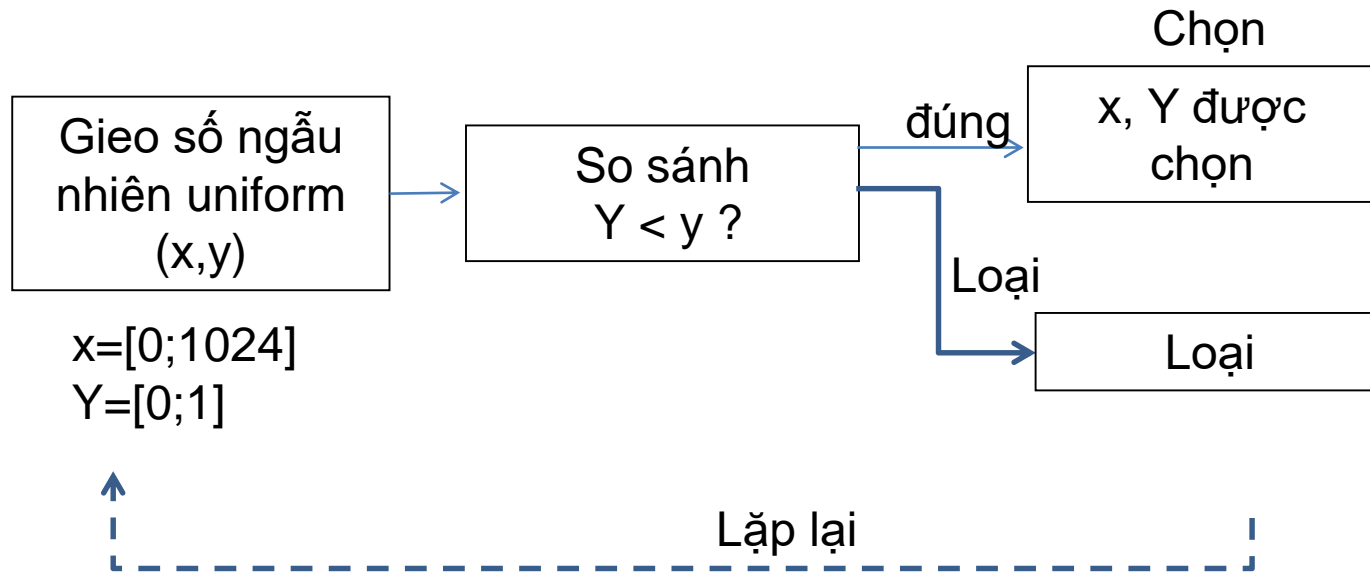
**Bài tập 3:** Tạo phổ gamma dựa vào phổ thực nghiệm bằng Monte-Carlo. Phương pháp và Viết chương trình C++. Hệ đo gamma 1024 kênh (MCA-10 bits).



### Phương pháp:

- Xác định số đếm có giá trị lớn nhất và vị trí kênh  $(x, \text{Max\_}y) - (400;13305)$ .
- Chuẩn giá trị  $y_{\text{max}}$  về 1. Các  $y(x)$  chuẩn theo  $y_{\text{max}}$  (chuẩn về 1). Cụ thể:  $y(x)/13305$ .

### Phương pháp Monte-Carlo cho bài toán 3:





# 4. C++ programming

chao.cc

```
// my first program in C++  
# include <iostream> // Khai bao thu vien  
using namespace std;  
int main ()  
{  
    cout << "Hello World!";  
    return 0;  
}
```

**Luu file:** chao.cc

**Chay chuong trinh:**

>make chao

>./ chao

Xuat ket qua ra man hinh:

Hello World!

```
#include <iostream>
#include <cmath>
#include <cstdlib>
#include <ctime>
#include <fstream>
using namespace std;
float r1,r2,x1,x2,gauss;
float Pi=3.141592;
```

```
int main ()
{
    ofstream luufile;
    luufile.open ("data.txt");
```

```
/* initialize random seed: */
srand (time(NULL));
```

```
for (int n=0;n<2;n++)
{
    /* Xay dung standard Gauss simulation*/
```

```
    r1=(float)rand()/RAND_MAX; //random 0 -> 1
    r2=(float)rand()/RAND_MAX; //random 0 -> 1
    x1=sqrt(-2.*log(r1));
    x2=sin(2.*Pi*r2);
    gauss=x1*x2;
    // Xuat so lieu ra man hinh
    cout<<r1<<"\n"<<r2<<endl;
    cout<< x1<<"\n"<<x2<<endl;
    cout<<gauss<<endl;
    // luu so lieu vao file data.txt
    luufile<<gauss<<"\n";
```

```
    r1=0.;r2=0.;x1=0.;x2=0.;gauss=0.;
}
```

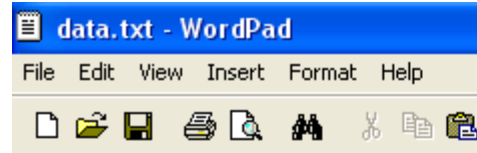
```
luufile.close();
return 0;
}
```

## Phuong phap: Monte Carlo

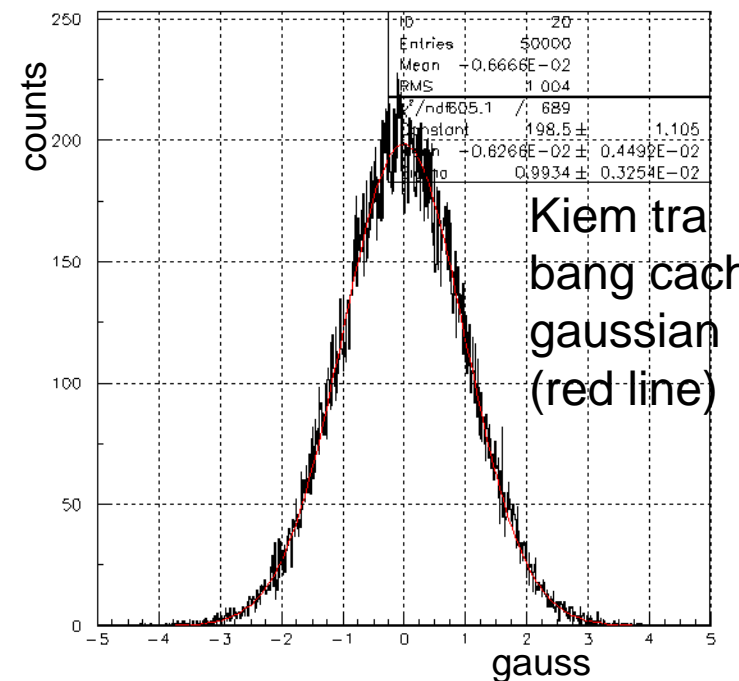
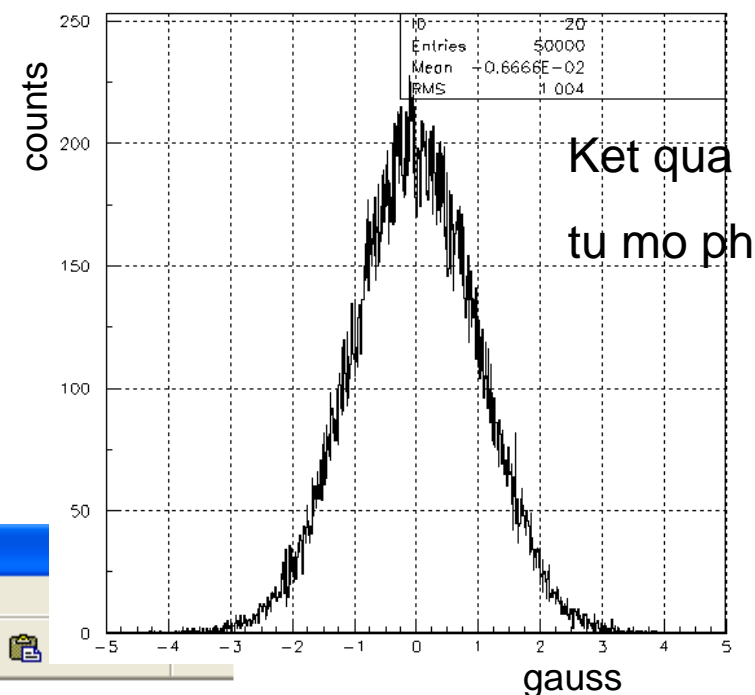
r1, r2 la random ngau nhien trong khoang (0,1)  
 $x1 = \sqrt{-2.0 \cdot \ln(r1)}$   
 $x2 = \sin(2.0 \cdot \text{Pi} \cdot r2)$   
 $\text{gauss} = x1 \cdot x2$

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2}.$$

## Du lieu xuat ra



```
1.18403
-0.561692
-0.509322
-0.9017
0.241524
-1.00394
-0.810609
0.105974
0.532041
0.528126
2.42196
-0.217084
-0.0733174
0.89992
-0.632662
0.300908
-1.22848
0.390648
-0.0989107
0.120172
-0.957969
-2.29058
0.265253
1.0487
```



## 5. Bài toán xây dựng mô phỏng trên hệ đo NaI(Tl) và HPGe

# **Yêu cầu:**

Mô phỏng thiết lập thí nghiệm đo nguồn gamma trên hệ đo NaI(Tl) và HPGe.

1- Detector nhập nhay NaI(Tl): 3inch x 3inch

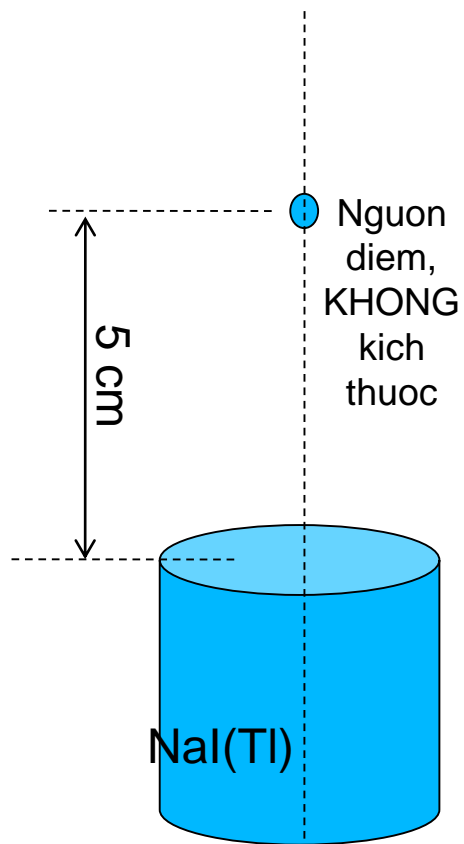
2- Hệ đo HPGe

- Nguồn: Nguồn điểm
- Năng lượng gamma tới: 661 keV (Cs-137); 511keV, 1272 keV (Na-22)
- Sự ảnh hưởng của độ phân giải năng lượng lên detector

## **Kết quả trình bày:**

- 1- Phổ năng lượng để lại trong vật liệu detector.
- 2- Phổ bị ảnh hưởng độ phân giải năng lượng.
- 3- So sánh phổ thực nghiệm với phổ mô phỏng. ([advance](#))

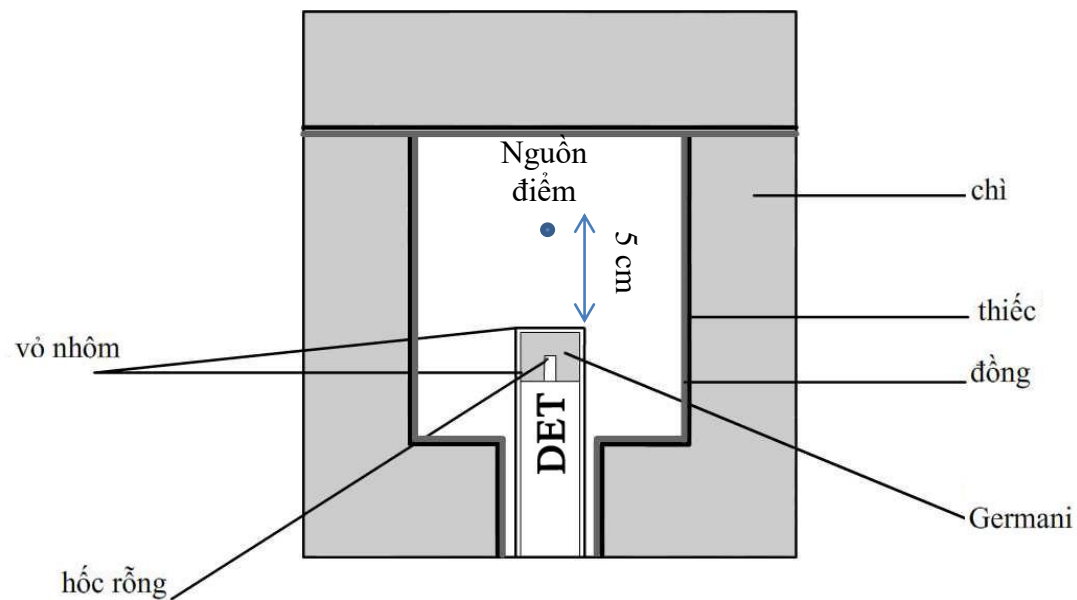
## Bố trí thí nghiệm đo gamma trên detector NaI(Tl) 3inch x 3inch

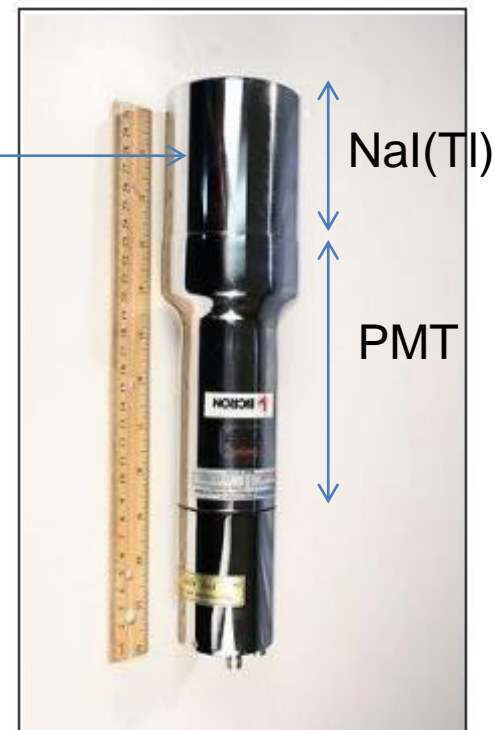
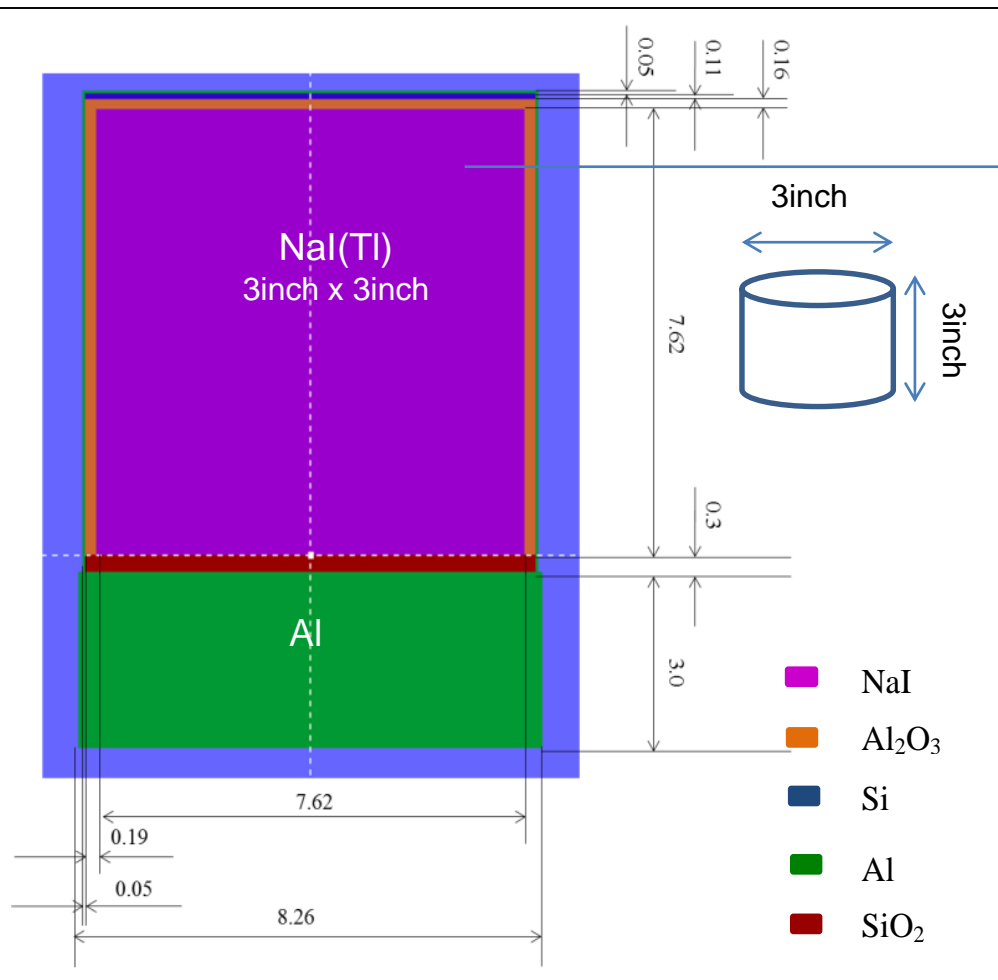


### Kích thước:

3 inch (đường kính) x 3 inch (dài)

## Bố trí thí nghiệm đo gamma trên hệ đo HPGe





Đầu dò NaI(Tl) 3inch x 3inch,  
(model 802 3x3, Canberra).

Hình học và thành phần vật liệu  
cấu tạo của đầu dò NaI(Tl)

Thành phần	Mật độ (g/cm <sup>3</sup> )
Tinh thể NaI(Tl)	3,67
Cửa sổ nhôm	2,94
Lớp phản xạ nhôm oxit	0,55
Silic	2,329
SiO <sub>2</sub>	2,648

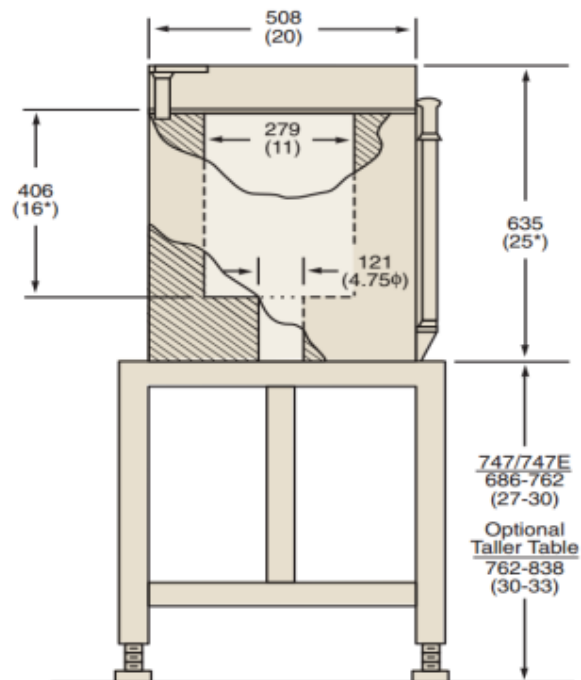
# HÌNH HỌC CỦA BUỒNG CHÌ VÀ ĐẦU DÒ HPGe



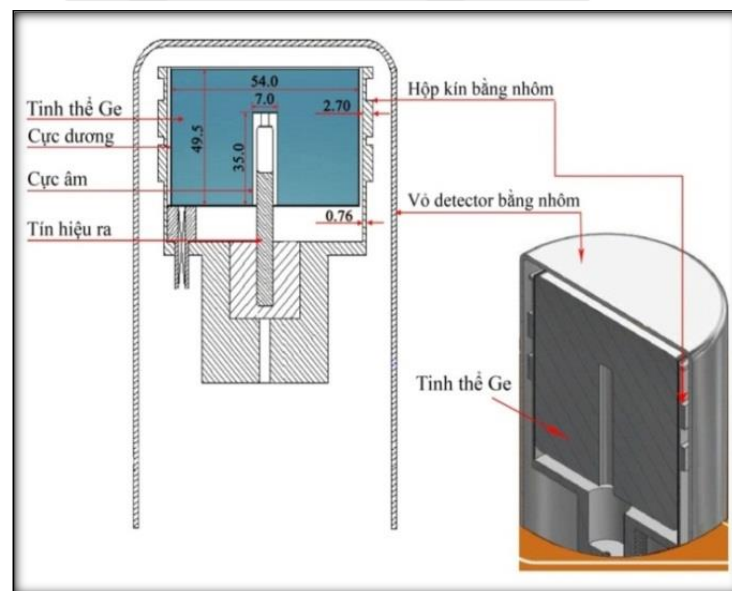
Hệ đo HPGe bao gồm đầu dò HPGe đặt trong buồng chì.

## Cấu tạo đầu dò HPGe:

- Kích thước Ge: Hình trụ rỗng  
Đường kính ngoài : 54,0mm  
Đường kính trong : 7,0mm  
Cao : 49,5mm
- Hộp kính bằng nhôm bao bọc Ge.
- Vỏ nhôm bảo vệ.



Cấu tạo buồng chì



## 6. GEANT4

---

### 1. Trên nền Linux

- Cài Linux Ubutu (GEANT4 tool kit chạy trên LINUX UBUTU).
- Phiên bản GEANT4.9.6

### - Cụ thể:

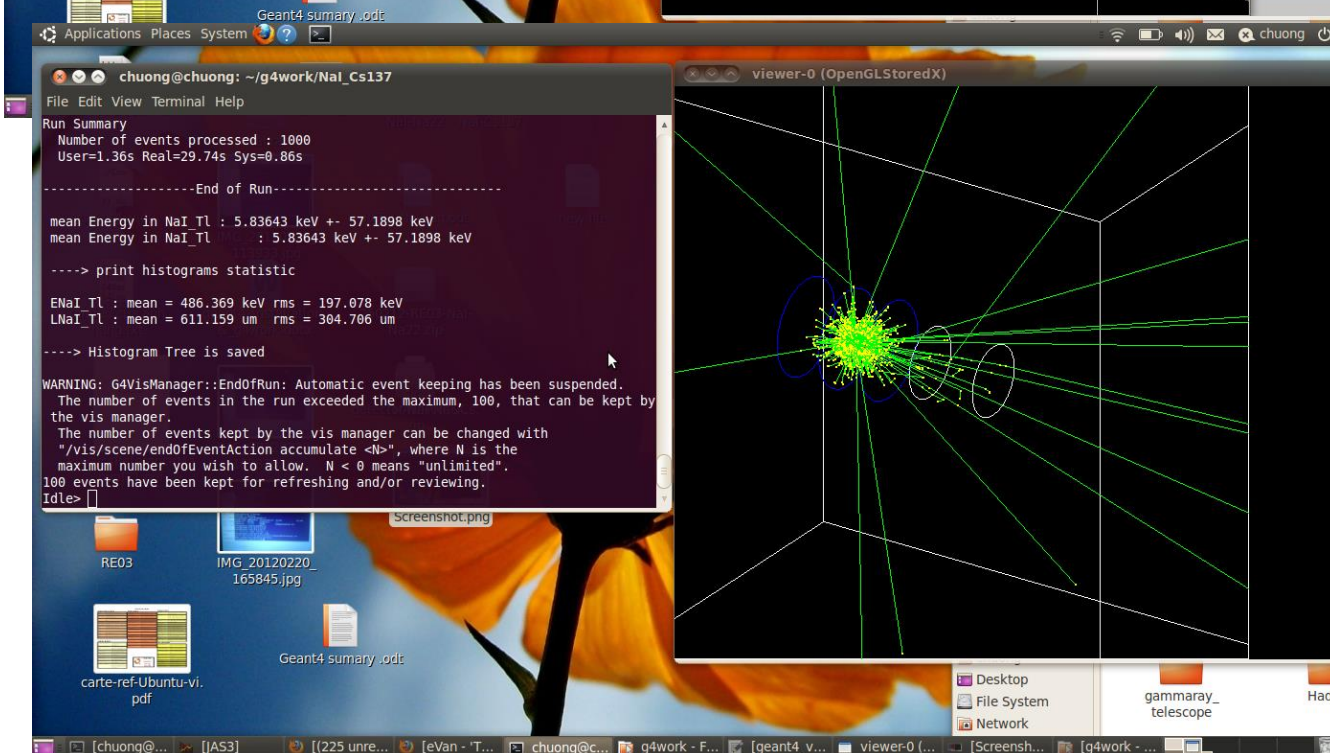
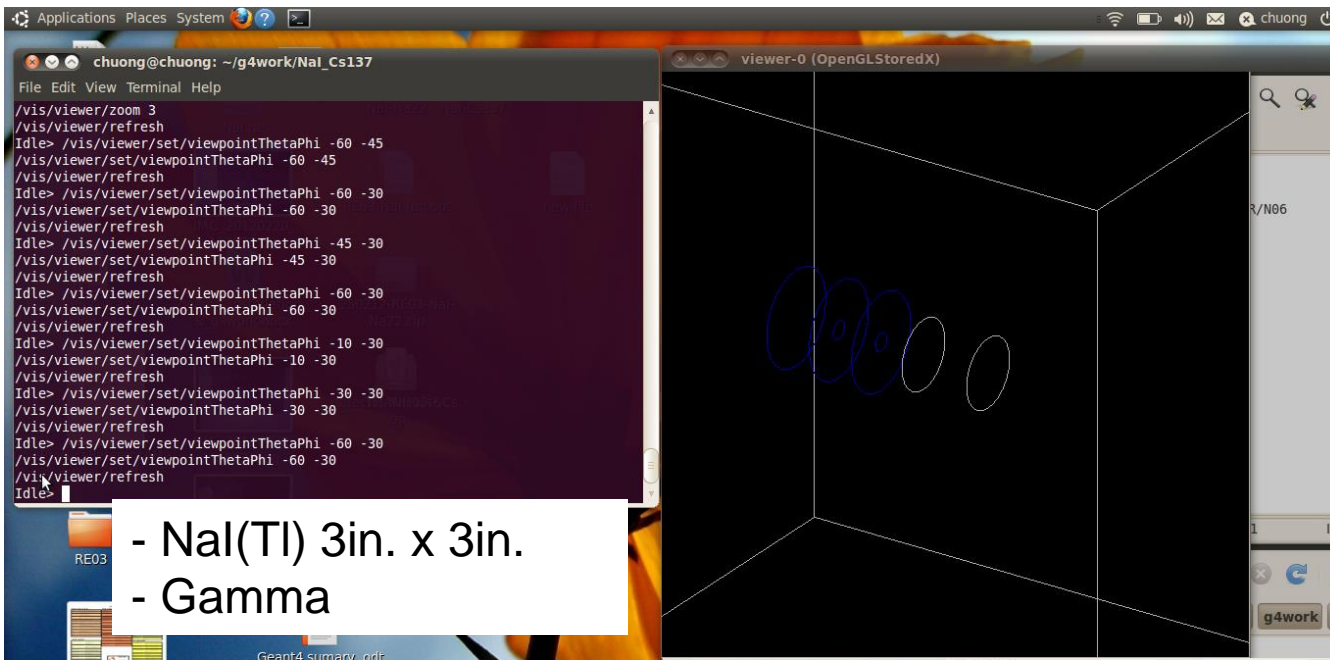
- Hướng dẫn cài đặt (mục Installation Guide)
- Hướng dẫn sử dụng (User's guide)
- Tài liệu tham khảo Vật lý (Physics Reference Manual)

Website tham khảo:

<https://geant4.web.cern.ch/geant4/support/userdocuments.shtml>

**Có thể sử dụng máy tính ảo chạy Linux trên nền OS windows.**






Geant4: A toolkit for the s
x
https://geant4.web.cern.ch/geant4/

# Geant 4

[Download](#) | [User Forum](#) | [Gallery](#)  
[Contact Us](#)

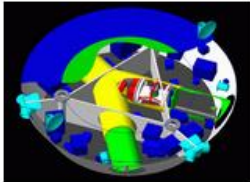
**Geant4** is a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter. Its areas of application include high energy, nuclear and accelerator physics, as well as studies in medical and space science. The two main reference papers for Geant4 are published in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 506 (2003) 250-303, and *IEEE Transactions on Nuclear Science* 53 No. 1 (2006) 270-278.

## Applications



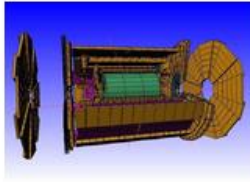
A sampling of applications, technology transfer and other uses of Geant4

## User Support




[Getting started, guides](#) and information for users and developers

## Publications



[Validation of Geant4](#), results from experiments and publications

## Collaboration



[Who we are](#): collaborating institutions, [members](#), organization and legal information

## News

- 26 June 2015 - **Release 10.2 BETA** is available from the [Beta download](#) area.
- 25 June 2015 - **Patch-02 to release 10.1** is available from the [Download](#) area.
- 16 March 2015 - [2015 planned developments](#).
- 6 March 2015 - **Patch-04 to release 10.0** is available from the [source archive](#) area.

## Events

- [20<sup>th</sup> Geant4 Collaboration Meeting](#), at Fermilab, Batavia (Illinois, USA), 28 September - 2 October 2015.
- [Geant4 Advanced Tutorial](#) at the Massachusetts Institute of Technology, Boston (USA), 19-21 October 2015.
- Geant4 Course at the [3<sup>rd</sup> Geant4 International and GPU programming school](#), Catania (Italy), 9-13 November 2015.
- [Past events](#)

[Applications](#) | [User Support](#) | [Results & Publications](#) | [Collaboration](#) | [Site Map](#)  
[Contact Webmaster](#)

To be continued ... **LECTURE 2**