



中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences

Geant4练习

Qian LIU

University of Chinese Academy of Sciences

第一届粒子探测技术基础与前沿讲习班

13-17 November 2017

简单回顾

2

- Geant4模拟的准备工作：
 - 挑选演员
 - 演员的个性
 - 演员的种类
 - 搭建舞台
 - 舞台的规模
 - 舞台的材料
 - 导火索
 - ...

G4Run

3

- **Run**是Geant4模拟的最大单元。一次Run中，探测器几何、敏感探测器、物理过程都不能改变。

G4RunManager调用BeamOn()时开始一次Run。可以包含很多Event。

G4UserRunAction类中有BeginOfRunAction()和EndOfRunAction()。

前者主要用于进行run号设定、直方图或TTree,TFile定义等，后者主要进行存储直方图或者文件等。

在调用BeamOn()的过程中，将调用5种(如存在)用户作用类：

G4UserRunAction, G4UserEventAction, G4UserStackingAction,
G4UserTrackingAction, G4UserSteppingAction

在概念上，一个 **Run** 收集的是同一个探测器条件下的事例。

G4Event

4

- **G4Event**表示一个事例。一个**event**对象包含有模拟事例的所有输入和输出信息，主要是**4**大类：主顶点和主粒子、径迹、击中以及数字化集合。

G4UserEventAction类中有**BeginOfEventAction()**和**EndOfEventAction()**，前者可以作事例开始的预备工作，后者可以将事例的有用信息提取出来，填充到直方图或者**TTree**中。

- 用作输入的原初顶点和粒子列表
- 所收集的各种在探测器的击中或响应
- 所收集的各种运动轨迹信息 (可选项)
- 所收集的各种数字化信息 (可选项)

在 Geant4 中的迹

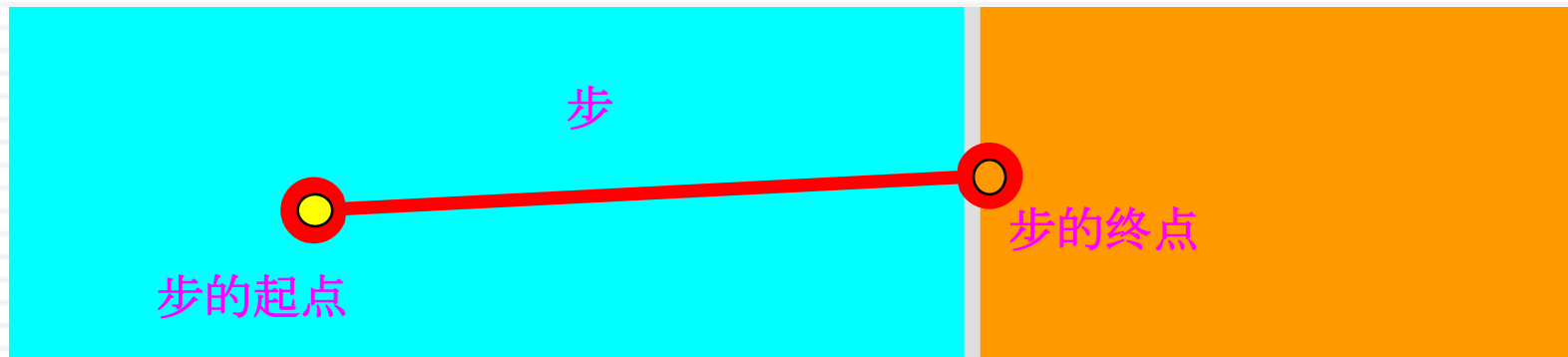
5

- **G4Track**是粒子在探测器中留下的痕迹。
 - 只体现出当时粒子的位置和物理量。
- **G4Step**是粒子径迹的一小段“ Δ ”信息。
 - 粒子径迹并不是步的集合。
- 在下列情况下，迹要被删除：
 - 迹离开广义中的大体积
 - 迹消失 (例如发生了衰变)
 - 粒子动能为零，在(`AtRest`)时也无其它物理过程的要求。
 - 用户决定要将其删除。
- 在每个事例结尾，不保留迹的目标模块。
 - 用运动轨迹的类目标模块来记录粒子的径迹。
- **G4TrackingManager** 负责管理处理迹的进程，迹由 **G4Track** 类表示。

在 Geant4 中的步

6

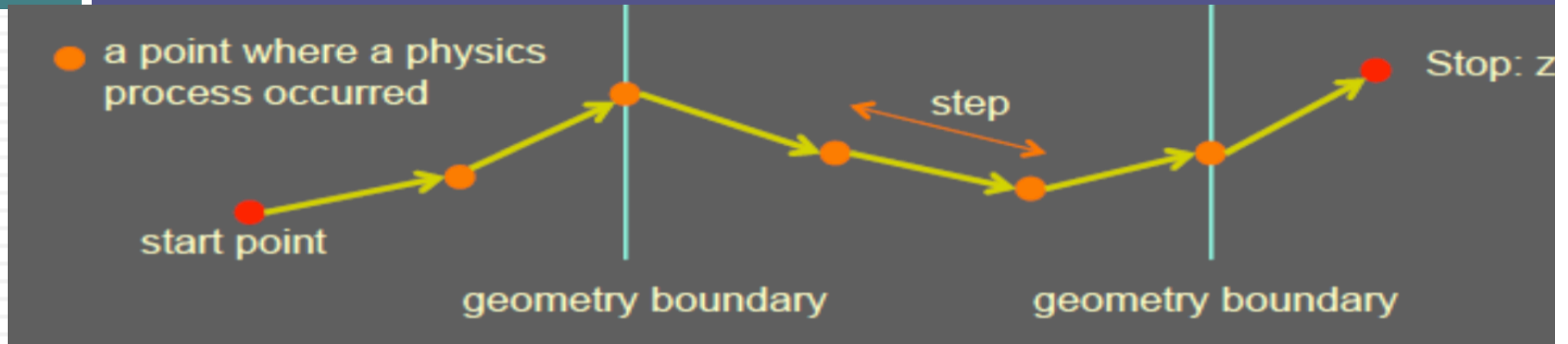
- 每一步都有两个点和粒子的“ Δ ”信息 (在该步的能量损失, 所需的飞行时间, 等等)。
- 在每一点上, 都应该知道其所处在的体积(与材料)内。如有一步跨越边界, 该步的截止点物理上就设在该边界上, 逻辑上该点属于下一个体积。
 - 由于一步能知道两个体积的物质材料, 因此可以模拟在边界发生的跃迁辐射或折射过程。



- **G4SteppingManager** 类负责管理步的处理, 步由 **G4Step** 类表示。

每一步的模拟

7



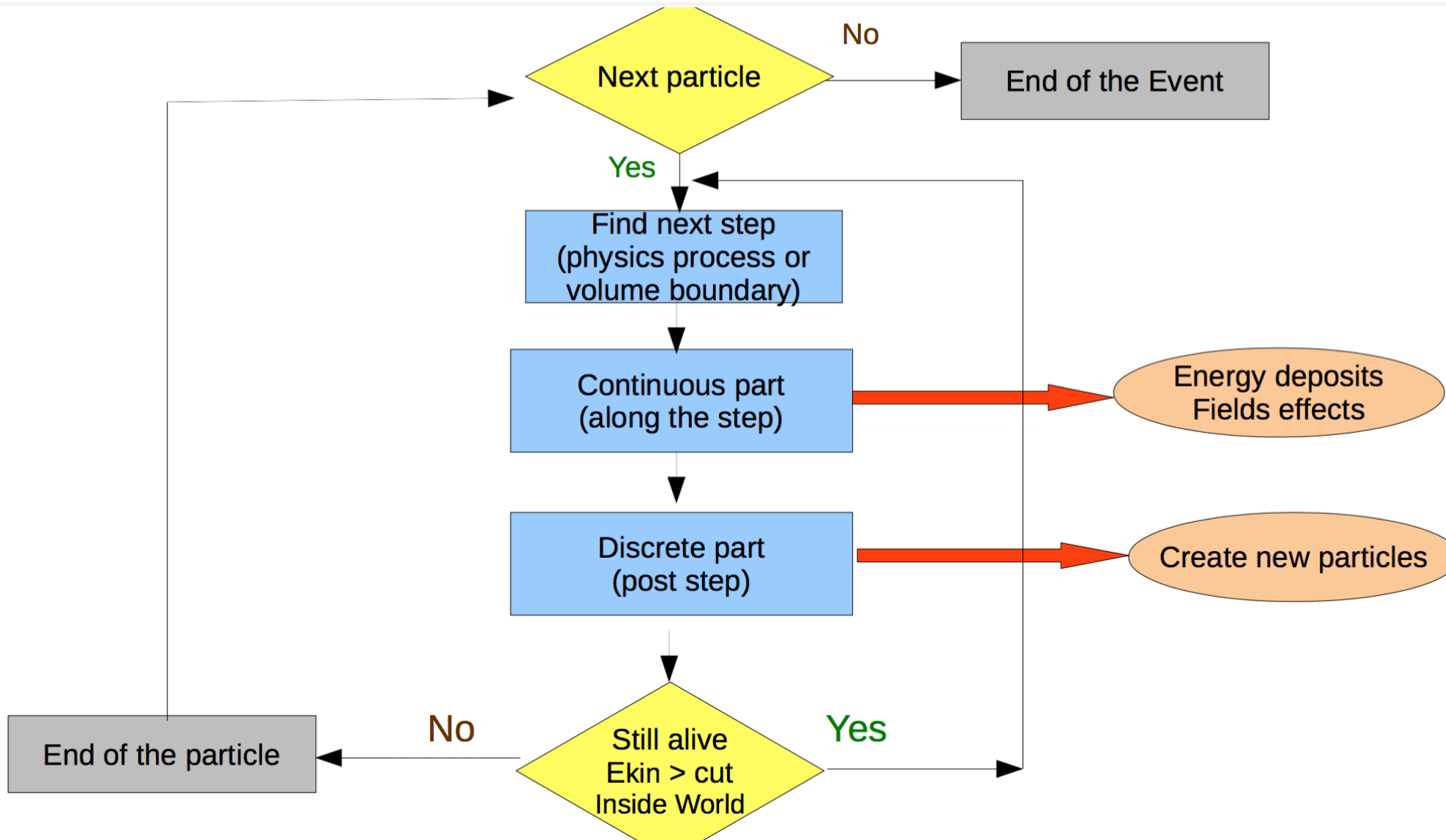
For each step

- 1) the step length is determined by the cross sections of the physics processes and the geometrical boundaries;
- 2) if new particles are created, add them to the list of particles to be transported;
- 3) local energy deposit; effect of magnetic and electric fields;
- 4) if the particle is destroyed by the interaction, or it reaches the end of the apparatus, or its energy is below a (tracking) threshold, then the simulation of this particle is over;

Repeat for next step or for a new particle

Outputs: - new particles created

- local energy deposits throughout the detector



蒙特卡洛(Monte Carlo)模拟

跟踪与物理过程处理

9

- Geant4 迹跟踪是很普遍的。
 - 它无关于
 - 粒子的种类
 - 粒子所涉及的物理过程
 - 它给所有物理过程提供了
 - 帮助确定步的长度的机会
 - 帮助对任何可能对迹的物理量进行改变的机会
 - 对迹状态改变给出建议的机会
 - 例如，中止，搁置或删除。

物理过程与步

10

- 每个物理过程有着下列一个或几个结合的性质。

- **AtRest**

- 例如 muon 在静止时衰变

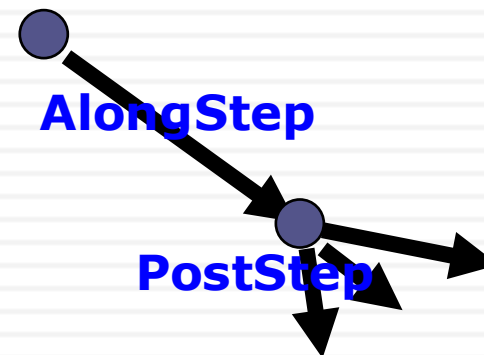
- **AlongStep**

- 例如 期仑科夫过程

- **PostStep**

- 例如 在飞行中反应或衰变

AtRest



物理过程需要指明发生在**AtRest, AlongStep, 或PostStep**上，且需要给出顺序。如下面函数调用后面的**3**个参数分别表示这三个状态下该物理过程是否发生以及顺序：

```
pmanager->AddProcess(new G4MultipleScattering,-1, 1,1);
```

详见**ExN02PhysicsList.cc**中**ConstructEM()**部分。

“-1”表示不发生物理过程。

物理过程的顺序

11

- 有的物理过程的顺序很重要

如果包含这三个过程，则它们必须以如下顺序放在所有其它过程的后面

...

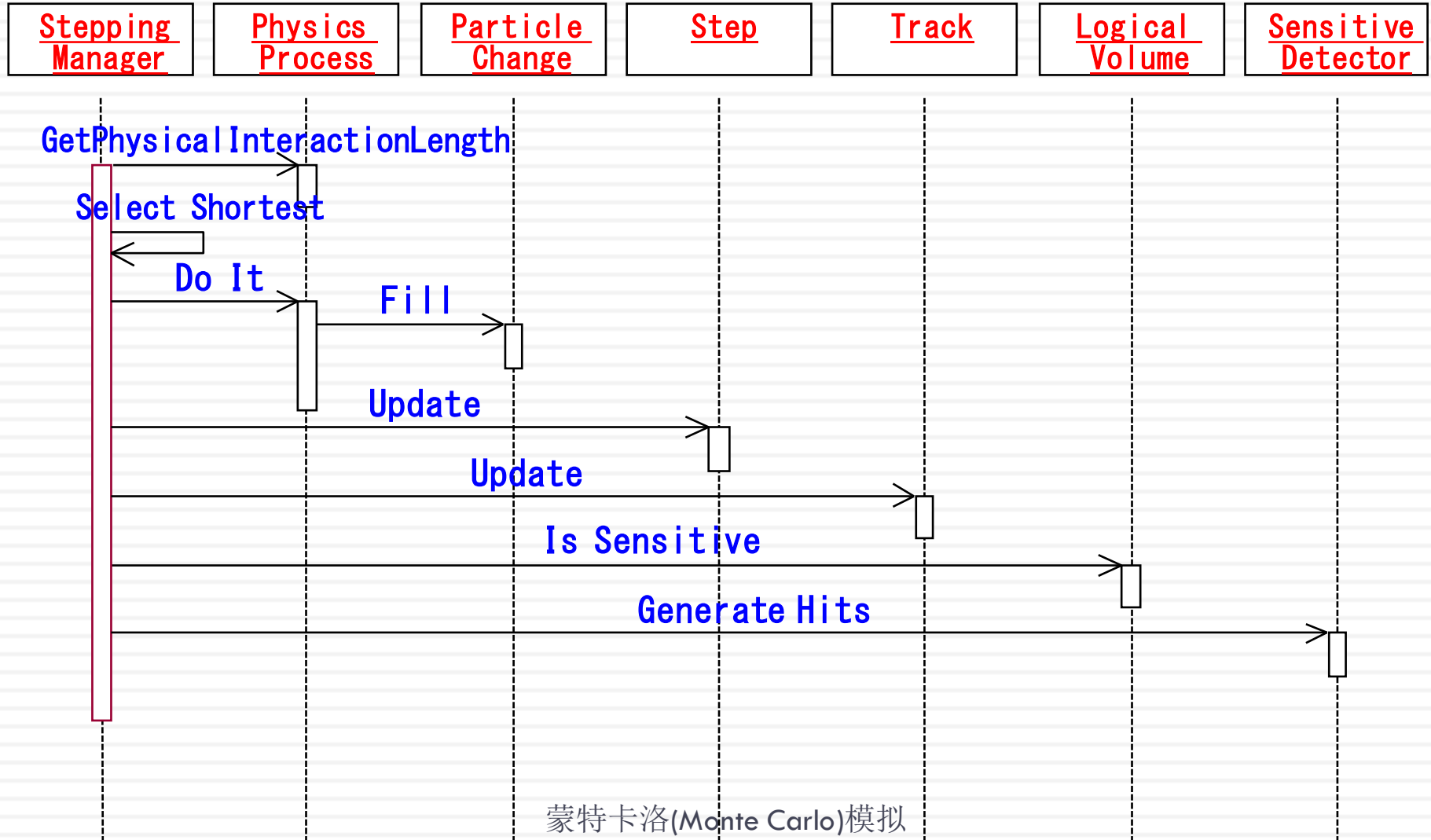
multiple scattering

ionization

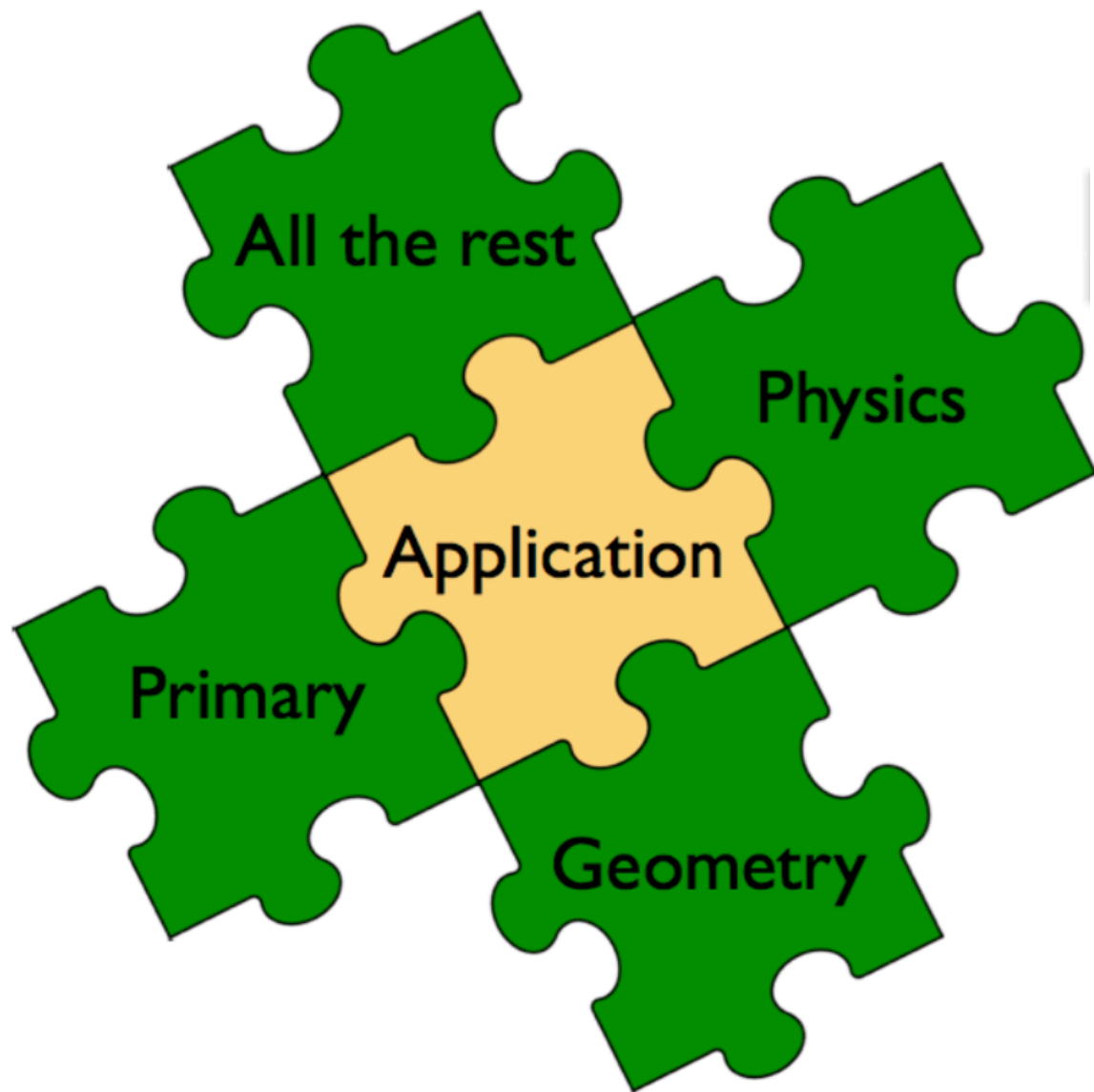
transportation

Geant4运行流程

12



怎么做是一个Geant4应用?



设计思路

14

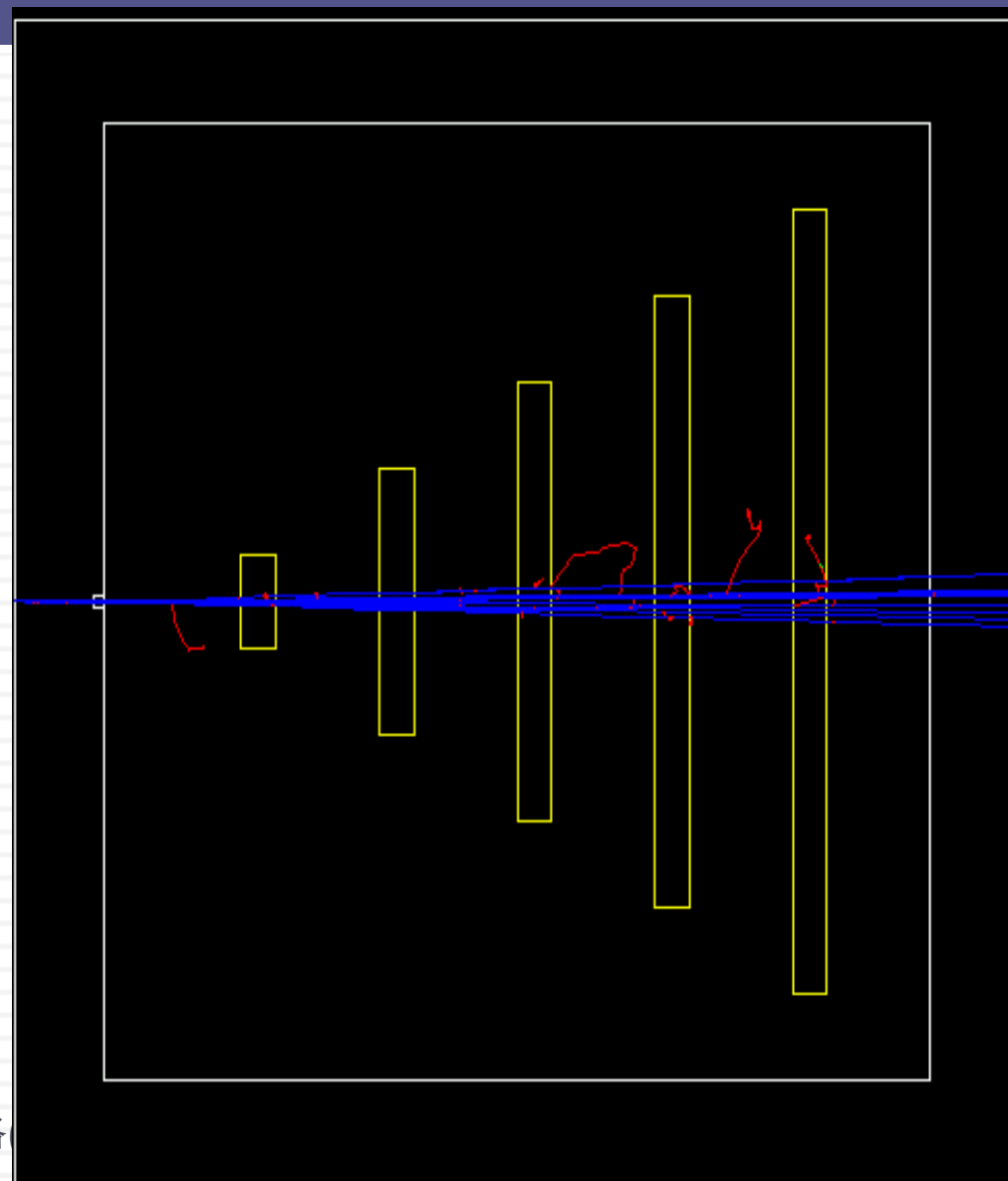
- 要解决的物理问题
- 涉及的粒子及物理过程
- 使用的材质并搭建实验几何，包括电场磁场等
- 设置入射的粒子

设计思路

15

□ 描迹仪

蒙特卡洛



会用到的命令：

16

□ GEOMETRY

- /B2/det/setField 0.2 tesla
- /B2/det/setTargetMaterial G4_WATER
- /B2/det/setChamberMaterial G4_Ar

□ PRIMARY

- /gun/particle e- [e+..]
- /gun/energy 100 MeV [GeV...]

□ USER LIMITS

- /B2/det/stepMax 1.0 mm

- /hits/verbose 2 /control/verbose 2 /tracking/verbose 2

一起看程序

17

- Main程序：`exampleB2a.cc`
- Src目录：源程序
 - ▣ `B2aDetectorConstruction.cc` 搭建舞台
 - ▣ `B2aDetectorMessenger.cc` 提供命令行服务
 - ▣ `B2MagneticField.cc` 搭建磁场
 - ▣ `B2PrimaryGeneratorAction.cc` 导火索
 - ▣ `B2TrackerSD.cc` 摄像
 - ▣ `B2TrackerHit.cc` 底片
 - ▣ `B2RunAction.cc` 总导演
 - ▣ `B2EventAction.cc` 导演二号
- 还少了什么？ ？ ？ 蒙特卡洛(Monte Carlo)模拟

一起看程序

18

- 演员呢? **Physics List?**
 - 剧本呢? **G4Track?**
 - 台词呢? **G4Step?**
-
- **Geant4**是ToolKit。
 - 用户不提供, **Geant4**就用自带的。

理解Tracker和Step

19

- /B2/det/setTargetMaterial Vacuum
- /B2/det/setChamberMaterial Vacuum
- /control/verbose 2
- /tracking/verbose 2
- /run/beamOn 1

修改 DetectorConstructor

20

□ 加入 Vaccum 材质

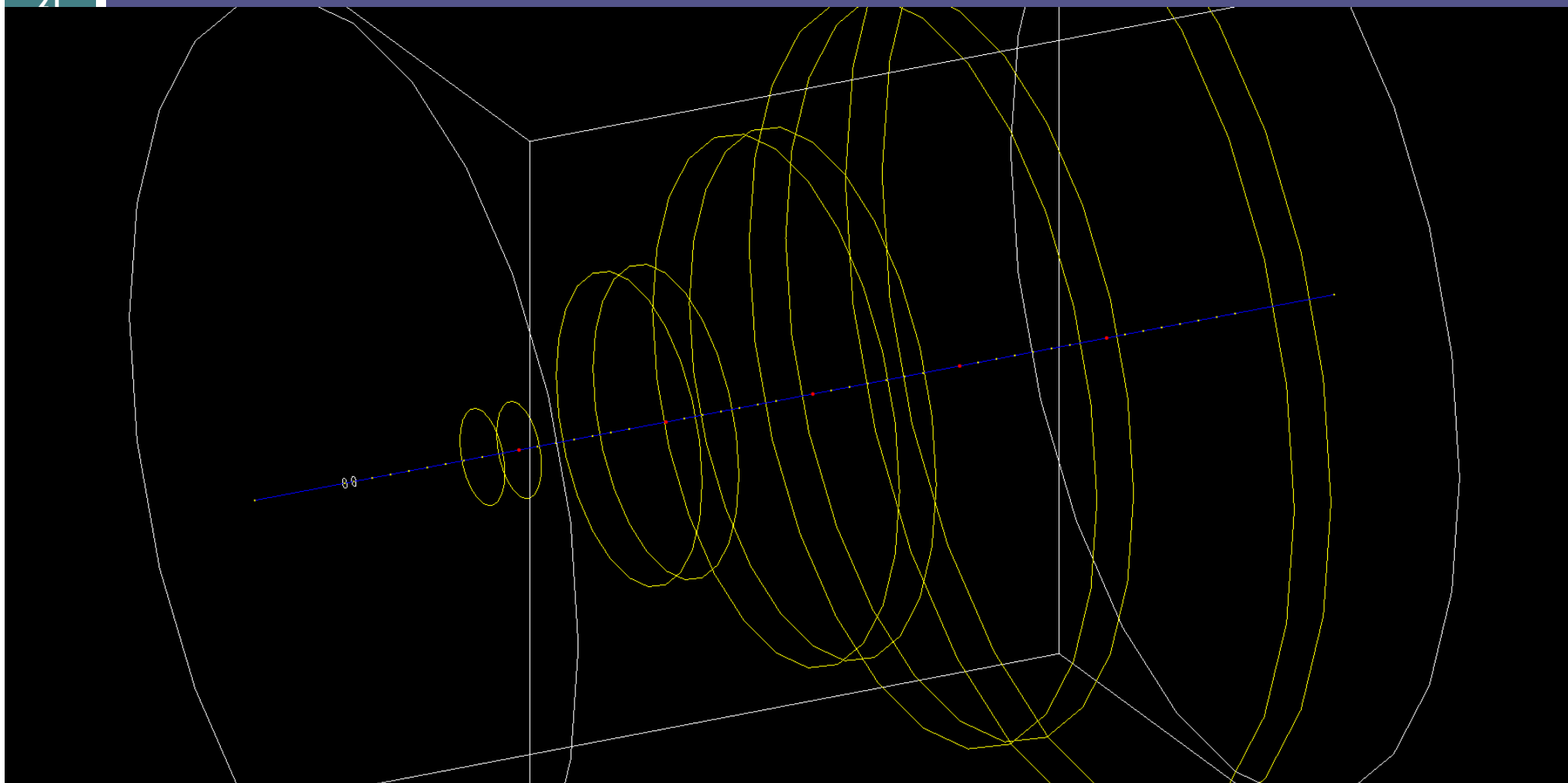
```
// Xenon gas defined using NIST Manager
fChamberMaterial = nistManager->FindOrBuildMaterial("G4_Xe", fromIsotopes);

G4double density      = universe_mean_density;    //from PhysicalConstants.h
G4double pressure     = 3.e-18*pascal;
G4double temperature  = 2.73*kelvin;
new G4Material("Vaccum", 1, 1.01*g/mole,density,
              kStateGas,temperature,pressure);

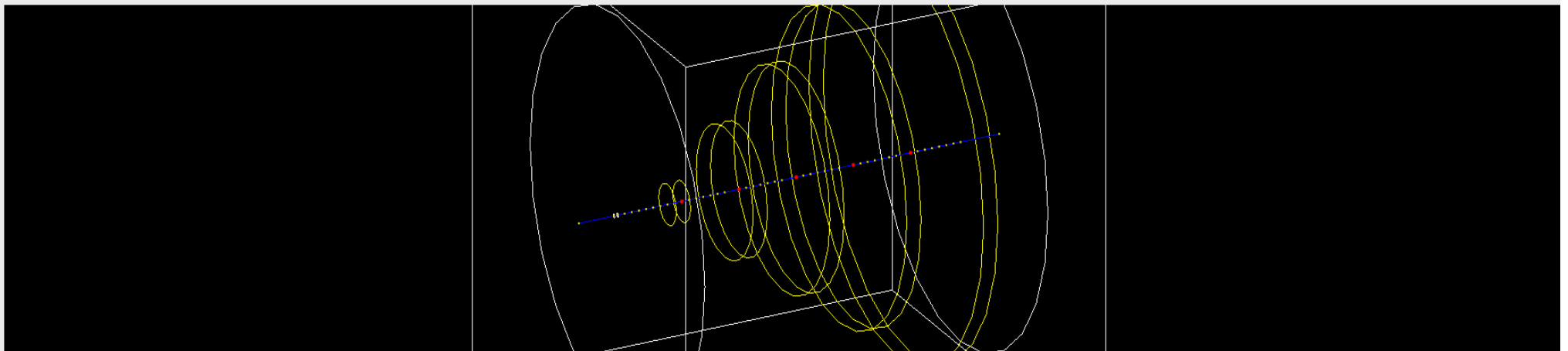
// Print materials
G4cout << *(G4Material::GetMaterialTable()) << G4endl;
}
```

模拟结果

21



蒙特卡洛(Monte Carlo)模拟



Output

```

Start Run processing.
---> Begin of event: 0
*****
* G4Track Information: Particle = proton, Track ID = 1, Parent ID = 0
*****
Step#  X(mm)  Y(mm)  Z(mm)  KinE(MeV)  dE(MeV)  StepLeng  TrackLeng  NextVolume  ProcName
0      0      0  -2.94e+03  3e+03      0      0      0      World  initStep
====>void MyTrackingAction::PreUserTrackingAction(const G4Track* aTrack )
1      0      0  -2.45e+03  3e+03  1.32e-23  490      490      Target  Transportation
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)
2      0      0  -2.4e+03  3e+03  1.35e-24  50      540      Tracker  Transportation
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)
3      0      0  -2.3e+03  3e+03  2.69e-24  100     640      Tracker  StepLimiter
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)
4      0      0  -2.2e+03  3e+03  2.69e-24  100     740      Tracker  StepLimiter
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)
5      0      0  -2.1e+03  3e+03  2.69e-24  100     840      Tracker  StepLimiter
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)
6      0      0  -2e+03    3e+03  2.69e-24  100     940      Tracker  StepLimiter
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)

```

Step 的长度

23

- 默认的step长度是多少?
- `/B2/det/stepMax 1.0 mm`
- `/run/beamOn 1`

死机了？

24

- Geant4的另外一种运行方式， **batch mode**.
- Root 也有这种运行方式， **root -b**即可。但是 Geant4不一样，需要提供批处理**.mac**文件。

我的run3.mac文件

25

```
# Macro file for example B2
#
# Can be run in batch, without graphic
# or interactively: Idle> /control/execute run3.mac
#
# Default kinematics:
# proton 3 GeV in direction (0.,0.,1.)
# 1 event with tracking/verbose
#
/B2/det/setTargetMaterial Vaccum
/B2/det/setChamberMaterial Vaccum
/control/verbose 2
/tracking/verbose 2
/B2/det/stepMax 1.0 mm
/run/beamOn 1
#
# 1 event with printing hits
#
```

运行: **./exampleB2a run3.mac**

```
### Run 0 start.
```

```
---> Begin of event: 0
```

```
*****  
* G4Track Information: Particle = proton, Track ID = 1, Parent ID = 0  
*****
```

Step#	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)	KinE(MeV)	dE(MeV)	StepLeng	TrackLeng	NextVolume	ProcName
0	0	0	-2.94e+03	3e+03	0	0	0	World	initStep
====>void MyTrackingAction::PreUserTrackingAction(const G4Track* aTrack)									
1	0	0	-2.45e+03	3e+03	1.32e-23	490	490	Target	Transportation
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)									
2	0	0	-2.4e+03	3e+03	1.35e-24	50	540	Tracker	Transportation
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)									
3	0	0	-2.4e+03	3e+03	2.69e-26	1	541	Tracker	StepLimiter
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)									
4	0	0	-2.4e+03	3e+03	2.69e-26	1	542	Tracker	StepLimiter
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)									
5	0	0	-2.4e+03	3e+03	2.69e-26	1	543	Tracker	StepLimiter

```
....
```

====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)									
3806	0	0	2.4e+03	3e+03	2.69e-26	1	5.34e+03	Tracker	StepLimiter
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)									
3807	0	0	2.4e+03	3e+03	2.69e-26	1	5.34e+03	World	StepLimiter
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)									
3808	0	0	2.94e+03	3e+03	1.45e-23	540	5.88e+03	OutOfWorld	Transportation
====>void MySteppingAction::UserSteppingAction(const G4Step* aStep)									
====>void MyTrackingAction::PostUserTrackingAction(const G4Track* aTrack)									

```
---> End of event: 0
```

蒙特卡洛(Monte Carlo)模拟

思考，你会怎么做？

27

- 这个实验原封不动从**CERN**搬到了**BEPC**，需要修改程序么？如果需要怎么做？
- 希望使用**GEM**探测器和**TOF**来探测
- 希望使用**RPC**探测器来探测
- 希望测量散射末态的径迹
- 希望计算靶材散射入射粒子的效率
- 希望计算探测器探测电子的效率
- 希望得到入射粒子整个实验过程中发生了哪些物理过程，分别发生的次数是多少



— Thank you for your attention —

