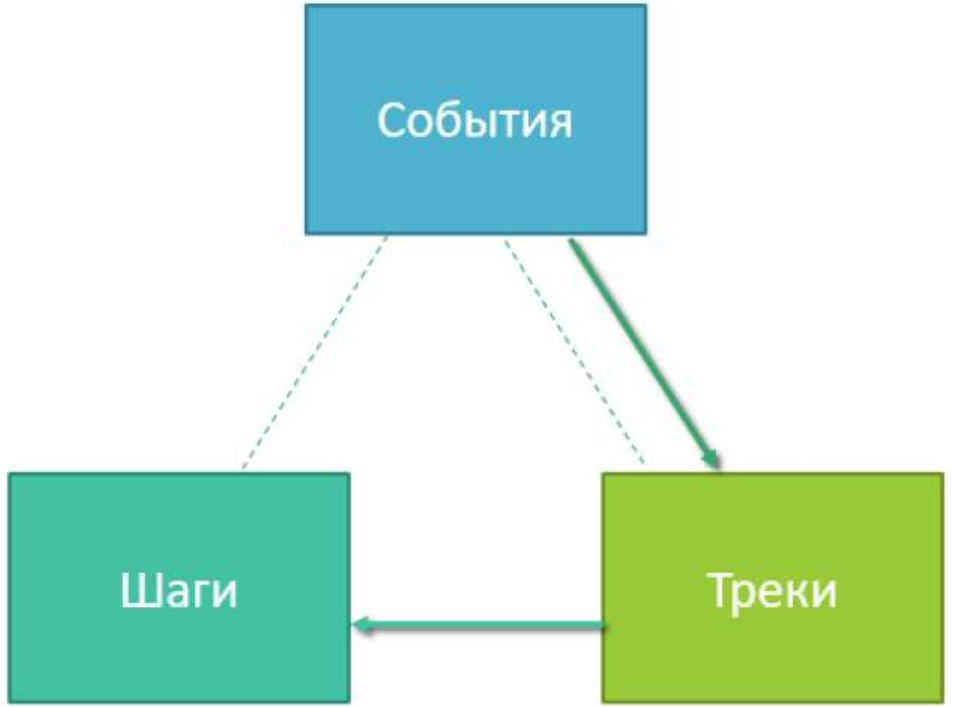
Цикл обработки событий

Моделирование в Geant4 начинается с запуска (**Run**).
Свойства геометрии и физических процессов фиксируются ядром Geant4 и становятся неизменными.

Пользователь указывает, сколько событий (**Event**) он хочет моделировать в данном запуске.
Запуск начинается с момента старта первого события, а заканчивается моделированием всех вторичных частиц последнего.
События состоят из треков (**Track**), моделирование события заканчивается с моделированием последнего трека вторичной частицы в данном событии.
Треки моделируются по одному, независимо и последовательно.
Последовательность моделирования треков задается с помощью реализации стека треков.
Трек содержит все свойства частицы в процессе моделирования прохождения сквозь вещество.
Каждый трек «знает» имя частицы, хранит информацию о её времени жизни и изменении кинетической энергии.

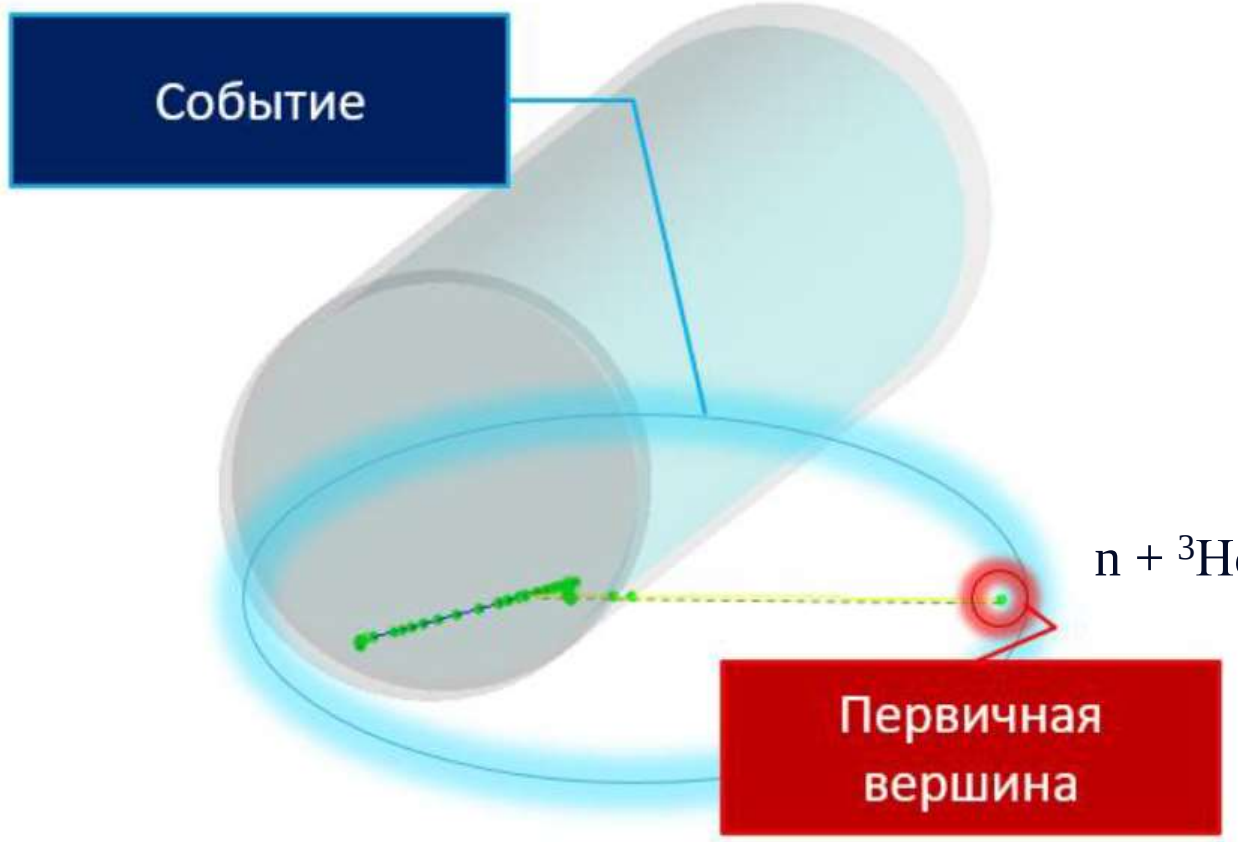


Все треки состоят из шагов (**Step**).
Шаг — это мельчайшая единица моделирования.
Шаг характеризует расстояние (время), за которое произошло изменение состояния частицы (переход из одного объема в другой, потери энергии на ионизацию, вылет за исследуемую область моделирования).

Цикл обработки событий

Событие – представляет собой единичный цикл от зарождения первичной частицы, до окончания отслеживания последней вторичной частицы.

В Geant4 все события рассматриваются атомарно, т.е. независимо от остальных событий.

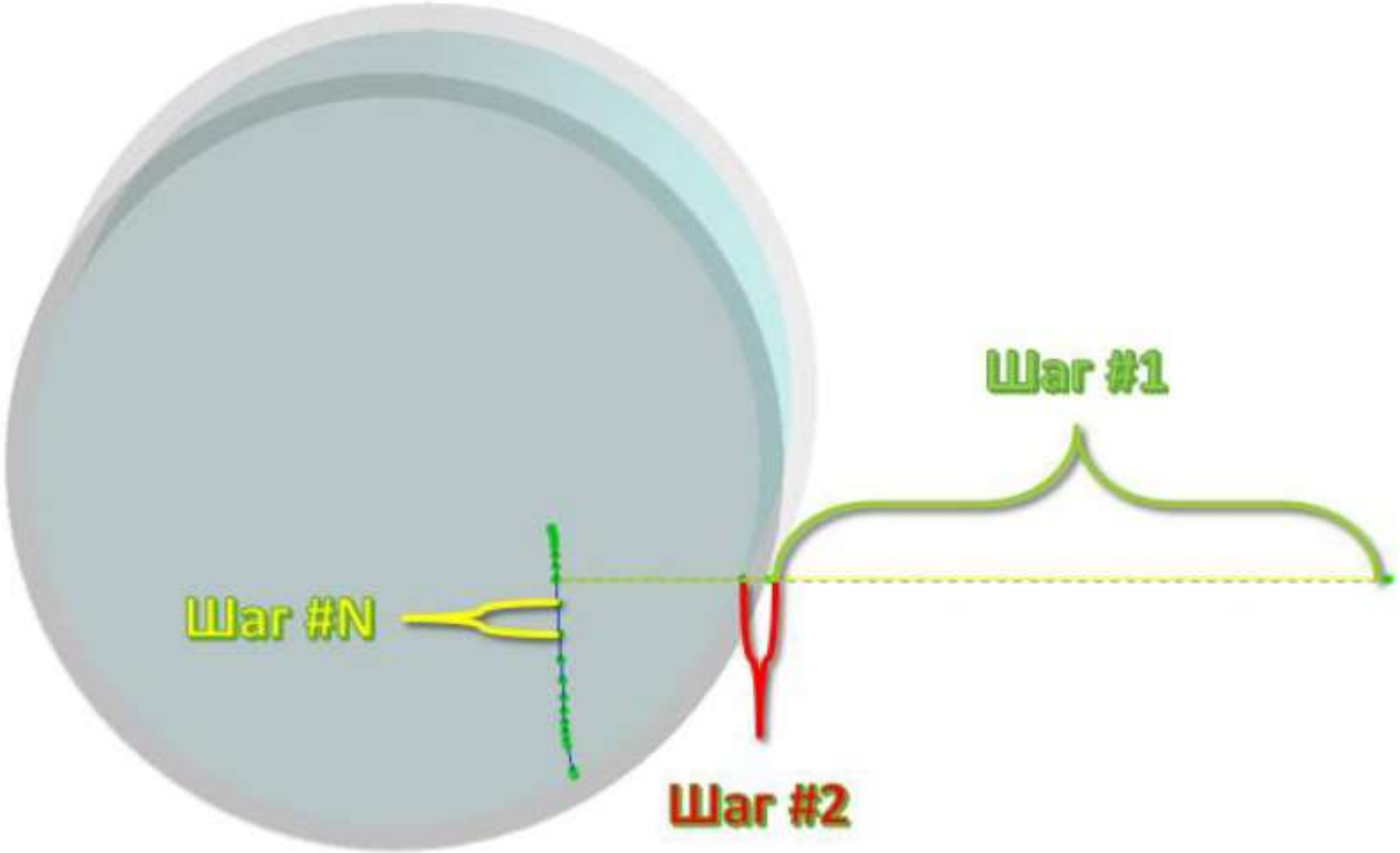


$$n + {}^{3}He \rightarrow {}^{3}H + {}^{1}H + 0{,}764\ МэВ$$

Нейтрон взаимодействующий в пропорциональном счетчике нейтронов с радиатором из изотопа гелия 3. В «событие» входят: весь трек нейтрона, треки протона и трития, а так же треки всех образованных ими вторичных частиц

Цикл обработки событий

Шаг – это минимальный элемент цикла обработки событий.



Цикл обработки событий

Пользователь напрямую не управляет ни одной из условных единиц моделирования, однако ему предоставлены классы действий, связанные со своей соответствующей единицей.

В рамках данных классов пользователь может анализировать и аккумулировать информацию в процессе моделирования, вносить некоторые корректировки в процесс моделирования.

Класс G4VUserActionInitialization: создание объектов классов действий.

- G4VUserPrimaryGeneratorAction
- G4UserRunAction
- G4UserEventAction
- G4UserStackingAction
- G4UserTrackingAction
- G4UserSteppingAction

↔ Обязательная реализация (генерация первичной вершины)

Чисто виртуальный метод

Public Member Functions

	G4VUserActionInitialization ()
virtual	**~G4VUserActionInitialization** ()
virtual void	**Build** () const =0
virtual void	**BuildForMaster** () const
virtual **G4VSteppingVerbose** *	**InitializeSteppingVerbose** () const

Protected Member Functions

void	**SetUserAction** (**G4VUserPrimaryGeneratorAction** *) const
void	**SetUserAction** (**G4UserRunAction** *) const
void	**SetUserAction** (**G4UserEventAction** *) const
void	**SetUserAction** (**G4UserStackingAction** *) const
void	**SetUserAction** (**G4UserTrackingAction** *) const
void	**SetUserAction** (**G4UserSteppingAction** *) const

является чисто техническим классом для определения порядка обработки треков

проект: TrackStack

Цикл обработки событий

TrackStack.cc (основной файл)

DataWriter.cc (DataWriter.hh)

Loader.cc (Loader.hh)

Geometry.cc (Geometry.hh)

Action.cc (Action.hh)

PrimaryPart.cc (PrimaryPart.hh)

RunAct.cc (RunAct.hh)

EventAct.cc (EventAct.hh)

TrackAct.cc (TrackAct.hh)

StackAct.cc (StackAct.hh)

StepAct.cc (StepAct.hh)

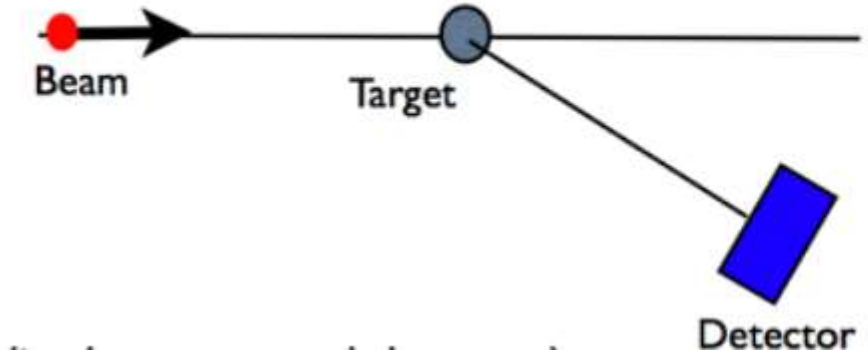
Action.hh

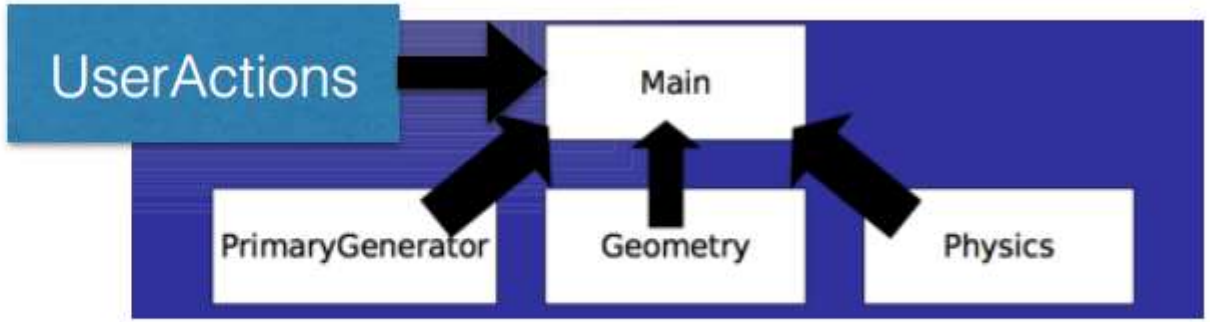
```
class Action: public G4VUserActionInitialization
{
 public:  std::ofstream *f_act;
 public:Action(std::ofstream&);
 ~Action();
  virtual void Build() const;
};
```

Action.cc

```
 void Action::Build() const
  {
   SetUserAction(new PrimaryPart(*this->f_act));
   SetUserAction(new RunAct(*this->f_act));
   SetUserAction(new EventAct(*this->f_act));
   SetUserAction(new TrackAct(*this->f_act));
   SetUserAction(new StackAct(*this->f_act));
   SetUserAction(new StepAct(*this->f_act));
  }
```

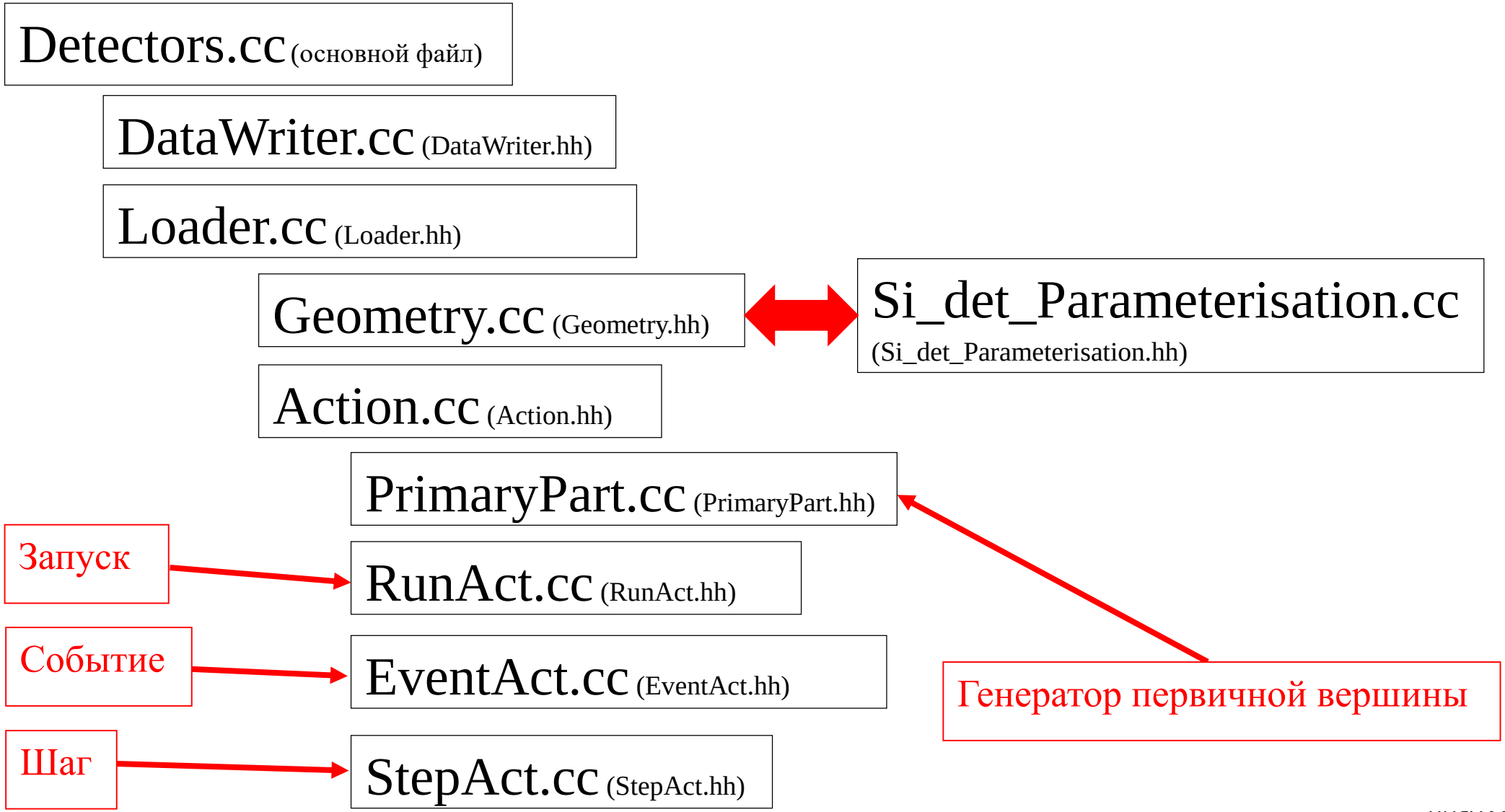
Цикл обработки событий





Цикл обработки событий

проект: Detectors



Цикл обработки событий

RunAct.cc

```
RunAct::RunAct(std::ofstream& ofsa)
{
  this->f_act=&ofsa;
  (*f_act) << std::setw(12) << "Hi from RunAct!" << std::endl;
}
RunAct::~RunAct()
{
  (*f_act) << std::setw(12) << "Bye from RunAct!" << std::endl;
}
time_t Start, End;
int RunNum = 0;
void RunAct::BeginOfRunAction(const G4Run* aRun)
{
  G4cout << "\n---Start------ Run # "<<RunNum<<" --------\n"<<"RunId="<<aRun->GetRunID()<< G4endl;
  time(&Start);
}
void RunAct::EndOfRunAction(const G4Run* aRun)
{
  time(&End);
 G4cout << " Time spent on this Run = " << difftime(End, Start)<<" seconds"<< G4endl;
 G4cout << "\n---Stop------ Run # "<<RunNum<<" --------\n” <<"RunId="<<aRun->GetRunID()<< G4endl;
 RunNum++;
}
```

Самой крупной единицей моделирования является запуск.

С началом запуска начинается цикл моделирования, а конец запуска совпадает с завершением цикла.

Класс **G4UserRunAction** является опциональным пользовательским классом «действий», связанным с запусками.

Цикл обработки событий

G4UserEventAction является опциональным базовым классом, для класса пользовательских «действий» на каждом событии.

Данный класс **не осуществляет** моделирование событий (*его осуществляет экземпляр класса* **G4Event**), а лишь позволяет менять параметры событий, или сохранять информацию о моделировании во время событий.

Два виртуальных метода:

```
virtual void  BeginOfEventAction(const G4Event* anEvent);
virtual void  EndOfEventAction(const G4Event* anEvent);
```

Вызываются в начале (после создания первичной вершины) и конце каждого события, что можно использовать для сохранения данных.

Цикл обработки событий

EventAct.hh

```
class EventAct : public G4UserEventAction
{
 public:
    std::ofstream *f_event;
    EventAct(std::ofstream&);
    ~EventAct();
    static void Coordinates(G4ThreeVector V1, G4ThreeVector V2);
    static void AddE(G4double dE);
    static void StepLengthCounter(G4double SL);
    void BeginOfEventAction(const G4Event*);
    void EndOfEventAction(const G4Event*);
};
```

Статические методы

EventAct.cc

```
EventAct::EventAct(std::ofstream& ofsa)
{
  this->f_event=&ofsa;
 (*f_event) << "Hi from Event!" << std::endl;
}
EventAct::~EventAct()
{
 (*f_event) << "Bye from Event!" << std::endl;
}
int SLcounter=0;
G4double Esum=0.;
void EventAct::Coordinates(G4ThreeVector V1, G4ThreeVector V2)
{
 G4cout << "X1=" << V1[0] * mm << " Y1=" << V1[1] * mm << " Z1=" << V1[2] * mm << G4endl;
 G4cout << "X2=" << V2[0] * mm << " Y2=" << V2[1] * mm << " Z2=" << V2[2] * mm << G4endl;
}
```

Цикл обработки событий

EventAct.cc

```
void EventAct::StepLengthCounter(G4double count1)
{
  SLcounter ++;
  G4cout << "Step N= " << SLcounter << "\t, Length=" << count1 * mm << G4endl;
}
void EventAct::AddE(G4double edep)
{
  Esum+=edep;
}
void EventAct::BeginOfEventAction(const G4Event * EVE)
{
  G4cout << "BeginWorks\t" << EVE->GetEventID() << G4endl;
  SLcounter = 0;
}
void EventAct::EndOfEventAction(const G4Event *EVE)
{
  (*f_event) <<"Esum=" << std::setw(12) << Esum << std::endl;
  G4cout << "EndWorks\t" << EVE->GetEventID() << G4endl;
  SLcounter=0;
  Esum=0.;
}
```

Цикл обработки событий

G4UserSteppingAction является опциональным базовым классом, для класса пользовательских «действий» в конце каждого шага. Данный класс не осуществляет моделирование шагов.

stepAction.cc

```
void StepAct::UserSteppingAction(const G4Step* step)
{
 G4StepPoint* point1 = step->GetPreStepPoint();
 G4StepPoint* point2 = step->GetPostStepPoint();
 G4ThreeVector vect1, vect2;
 G4double Ekin1, Ekin2;
  vect1=point1->GetPosition();
  vect2=point2->GetPosition();
  EventAct::Coordinates(vect1,vect2);
  Ekin1=point1->GetKineticEnergy();
  Ekin2=point2->GetKineticEnergy();
  G4double StepLength = step->GetStepLength();
  EventAct::StepLengthCounter(StepLength);
 G4double edep = step->GetTotalEnergyDeposit();
 EventAct::AddE(edep);
 G4cout<<step->GetTrack()->GetDynamicParticle()->GetDefinition()->GetParticleName()<<" "<< Ekin1 * MeV
        <<" "<< Ekin2 * MeV<<" "<< StepLength * mm <<G4endl;
}
```

Виртуальный метод вызывается в конце каждого шага.

stepAction.hh

```
class StepAct :public G4UserSteppingAction
{
 public:
   std::ofstream *f_step;
   StepAct(std::ofstream& ofsa)
  {
    this->f_step=&ofsa;
    (*f_step) << "Hi from Step!" << std::endl;
   };
   ~StepAct()
   {
     (*f_step) << "Bye from Step!" << std::endl;
   };
   void UserSteppingAction(const G4Step*);
};
```

Цикл обработки событий

G4StepPoint Class Reference

Public Member Functions

	G4StepPoint ()
	~G4StepPoint ()
	G4StepPoint (const **G4StepPoint** &)
G4StepPoint &	**operator=** (const **G4StepPoint** &)
const **G4ThreeVector** &	**GetPosition** () const
void	**SetPosition** (const **G4ThreeVector** &aValue)
void	**AddPosition** (const **G4ThreeVector** &aValue)
G4double	**GetLocalTime** () const
void	**SetLocalTime** (const **G4double** aValue)
void	**AddLocalTime** (const **G4double** aValue)
G4double	**GetGlobalTime** () const
void	**SetGlobalTime** (const **G4double** aValue)
void	**AddGlobalTime** (const **G4double** aValue)
G4double	**GetProperTime** () const
void	**SetProperTime** (const **G4double** aValue)
void	**AddProperTime** (const **G4double** aValue)
const **G4ThreeVector** &	**GetMomentumDirection** () const
void	**SetMomentumDirection** (const **G4ThreeVector** &aValue)
void	**AddMomentumDirection** (const **G4ThreeVector** &aValue)
G4ThreeVector	**GetMomentum** () const
G4double	**GetTotalEnergy** () const
G4double	**GetKineticEnergy** () const
void	**SetKineticEnergy** (const **G4double** aValue)
void	**AddKineticEnergy** (const **G4double** aValue)
G4double	**GetVelocity** () const
void	**SetVelocity** (**G4double** v)
G4double	**GetBeta** () const
G4double	**GetGamma** () const
G4VPhysicalVolume *	**GetPhysicalVolume** () const
const **G4VTouchable** *	**GetTouchable** () const
const **G4TouchableHandle** &	**GetTouchableHandle** () const
void	**SetTouchableHandle** (const **G4TouchableHandle** &apValue)
G4Material *	**GetMaterial** () const
void	**SetMaterial** (**G4Material** *)
const **G4MaterialCutsCouple** *	**GetMaterialCutsCouple** () const
void	**SetMaterialCutsCouple** (const **G4MaterialCutsCouple** *)
G4VSensitiveDetector *	**GetSensitiveDetector** () const

Для извлечения информации на каждом шаге используются методы класса G4Step:

```
G4StepPoint* GetPreStepPoint() const;
G4StepPoint* GetPostStepPoint() const;
```

содержащие информацию о состоянии частицы в начале и конце шага, соответственно.

void	**SetSensitiveDetector** (**G4VSensitiveDetector** *)
G4double	**GetSafety** () const
void	**SetSafety** (const **G4double** aValue)
const **G4ThreeVector** &	**GetPolarization** () const
void	**SetPolarization** (const **G4ThreeVector** &aValue)
void	**AddPolarization** (const **G4ThreeVector** &aValue)
G4StepStatus	**GetStepStatus** () const
void	**SetStepStatus** (const **G4StepStatus** aValue)
const **G4VProcess** *	**GetProcessDefinedStep** () const
void	**SetProcessDefinedStep** (const **G4VProcess** *aValue)
G4double	**GetMass** () const
void	**SetMass** (**G4double** value)
G4double	**GetCharge** () const
void	**SetCharge** (**G4double** value)
G4double	**GetMagneticMoment** () const
void	**SetMagneticMoment** (**G4double** value)
void	**SetWeight** (**G4double** aValue)
G4double	**GetWeight** () const

Цикл обработки событий

Методы класса G4Step

Public Member Functions

	G4Step ()
	~G4Step ()
	G4Step (const **G4Step** &)
G4Step &	**operator=** (const **G4Step** &)
G4Track *	**GetTrack** () const
void	**SetTrack** (**G4Track** *value)
G4StepPoint *	**GetPreStepPoint** () const
void	**SetPreStepPoint** (**G4StepPoint** *value)
G4StepPoint *	**GetPostStepPoint** () const
void	**SetPostStepPoint** (**G4StepPoint** *value)
G4double	**GetStepLength** () const
void	**SetStepLength** (**G4double** value)
G4double	**GetTotalEnergyDeposit** () const
void	**SetTotalEnergyDeposit** (**G4double** value)
G4double	**GetNonIonizingEnergyDeposit** () const
void	**SetNonIonizingEnergyDeposit** (**G4double** value)
G4SteppingControl	**GetControlFlag** () const
void	**SetControlFlag** (**G4SteppingControl** StepControlFlag)
void	**AddTotalEnergyDeposit** (**G4double** value)
void	**ResetTotalEnergyDeposit** ()
void	**AddNonIonizingEnergyDeposit** (**G4double** value)
void	**ResetNonIonizingEnergyDeposit** ()
G4bool	**IsFirstStepInVolume** () const
G4bool	**IsLastStepInVolume** () const
void	**SetFirstStepFlag** ()
void	**ClearFirstStepFlag** ()
void	**SetLastStepFlag** ()
void	**ClearLastStepFlag** ()
G4ThreeVector	**GetDeltaPosition** () const
G4double	**GetDeltaTime** () const

Методы, позволяющие определить изменения во времени, позиции и энергии:

G4double GetDeltaTime() const;
G4ThreeVector GetDeltaPosition() const;
G4double GetTotalEnergyDeposit() const;

доступ к треку частицы:

G4Track* GetTrack() const;

G4ThreeVector	**GetDeltaMomentum** () const
G4double	**GetDeltaEnergy** () const
void	**InitializeStep** (**G4Track** *aValue)
void	**UpdateTrack** ()
void	**CopyPostToPreStepPoint** ()
G4Polyline *	**CreatePolyline** () const
const std::vector< const **G4Track** * > *	**GetSecondaryInCurrentStep** () const
const **G4TrackVector** *	**GetSecondary** () const
G4TrackVector *	**GetfSecondary** ()
G4TrackVector *	**NewSecondaryVector** ()
void	**DeleteSecondaryVector** ()
void	**SetSecondary** (**G4TrackVector** *value)
void	**SetPointerToVectorOfAuxiliaryPoints** (std::vector< **G4ThreeVector** > *theNewVectorPointer)
std::vector< **G4ThreeVector** > *	**GetPointerToVectorOfAuxiliaryPoints** () const

доступ к трекам вторичных частиц:

const G4TrackVector* GetSecondary() const ;

Цикл обработки событий

Сбор информации с шагов в запуске

Универсальной цепочки связи между наследуемыми классами действий в базовых классах нет.

Все базовые классы действий содержат лишь конструкторы по умолчанию.

Простейшая передача информации между классами (например, от G4UserSteppingAction к G4UserEventAction) может быть реализована с использованием статических методов.

За счет особенностей наследования пользователь может сам определить, какой класс и как будет связан с другими.

проект Interact (Action.cc)

```
void Action::Build() const
{
 SetUserAction(new RunAct(*this->f_act));
 SetUserAction(new PrimaryPart(*this->f_act));
 EventAct* eventAct = new EventAct(*this->f_act);
SetUserAction(eventAct);
 SetUserAction(new StepAct(*this->f_act,eventAct));
}
```

Изменив конструкторы классов действий таким образом, что один из них будет принимать указатель на другой, можно получить необходимую связь между ними.

Цикл обработки событий

проект Interact (StepAction.hh)

```
class EventAct;

class StepAct :public G4UserSteppingAction
{
 public:
       std::ofstream *f_step;
 StepAct(std::ofstream& ofsa, EventAct* eventAct):event(eventAct)
  {
    this->f_step=&ofsa;
    (*f_step) << "Hi from Step!" << std::endl;
  };
   ~StepAct()
  {
    (*f_step) << "Bye from Step!" << std::endl;
  };
  void UserSteppingAction(const G4Step*);
  private:
  EventAct* event;
};
```

инициализация члена event класса StepAct

обратная связь класса действий для шагов с экземпляром созданного класса действий для событий

Цикл обработки событий

проект Interact (EventAct.cc)

```
class EventAct : public G4UserEventAction
{
 public:
   std::ofstream *f_event;
   EventAct(std::ofstream&);
   ~EventAct();
   void Coordinates(G4ThreeVector V1, G4ThreeVector V2);
   void AddE(G4double dE);
   void StepLengthCounter(G4double SL);
   void BeginOfEventAction(const G4Event*);
   void EndOfEventAction(const G4Event*);
};
```

Не статические методы

Вызов методов созданного объекта event класса EventAct

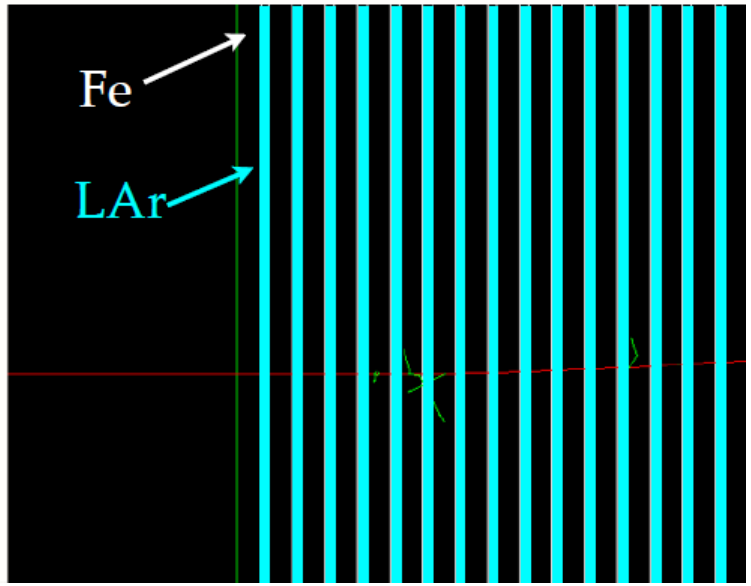
проект Interact (StepAct.cc)

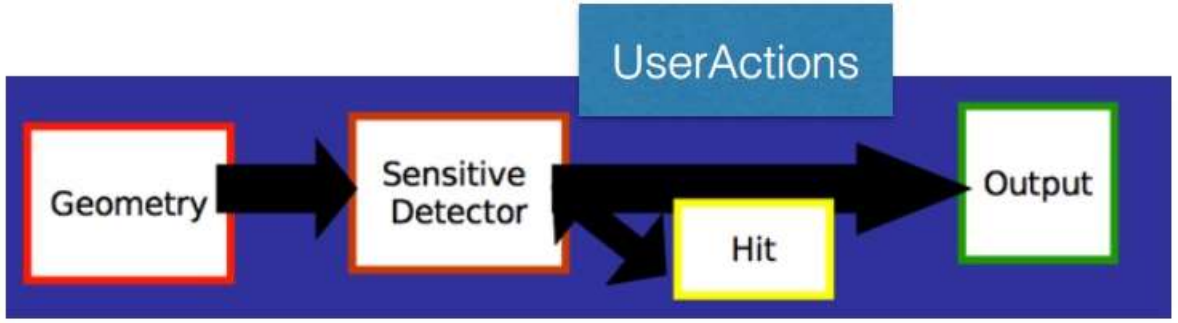
```
void StepAct::UserSteppingAction(const G4Step*
step)
{
  G4StepPoint* point1 = step->GetPreStepPoint();
  G4StepPoint* point2 = step->GetPostStepPoint();
  G4ThreeVector vect1, vect2;
  G4double Ekin1, Ekin2;
  vect1=point1->GetPosition();
  vect2=point2->GetPosition();
  event->Coordinates(vect1,vect2);
  Ekin1=point1->GetKineticEnergy();
  Ekin2=point2->GetKineticEnergy();
  G4double StepLength = step->GetStepLength();
  event->StepLengthCounter(StepLength);
  G4double edep = step->GetTotalEnergyDeposit();
  event->AddE(edep);
G4cout<<step->GetTrack()->GetDynamicParticle()->GetDefinition()->GetParticleName()<<" "<<Ekin1 * MeV<<" "<<Ekin2 *
MeV<<" "<< StepLength * mm <<G4endl;
 }
```

Создание детектирующих объёмов

- Любой логический объем в модели можно объявить детектирующим, или «чувствительным».
- При прохождении частицы через данный объем моделируется срабатывание детектора.
- Детектирующих объемов одновременно может несколько.
- Обработка срабатываний при этом может происходить по разному.
- Дополнительно можно смоделировать оцифровку сигнала и электронный отклик детектора (**ПОЗЖЕ**).

мюон, 2 ГэВ





Создание детектирующих объёмов

G4VSensitiveDetector Class Reference

Public Member Functions

	G4VSensitiveDetector (**G4String** name)
	G4VSensitiveDetector (const **G4VSensitiveDetector** &right)
virtual	**~G4VSensitiveDetector** ()
const **G4VSensitiveDetector** &	**operator=** (const **G4VSensitiveDetector** &right)
G4int	**operator==** (const **G4VSensitiveDetector** &right) const
G4int	**operator!=** (const **G4VSensitiveDetector** &right) const
virtual void	**Initialize** (**G4HCofThisEvent** *)
virtual void	**EndOfEvent** (**G4HCofThisEvent** *)
virtual void	**clear** ()
virtual void	**DrawAll** ()
virtual void	**PrintAll** ()
G4bool	**Hit** (**G4Step** *aStep)
void	**SetROgeometry** (**G4VReadOutGeometry** *value)
void	**SetFilter** (**G4VSDFilter** *value)
G4int	**GetNumberOfCollections** () const
G4String	**GetCollectionName** (**G4int** id) const
void	**SetVerboseLevel** (**G4int** vl)
void	**Activate** (**G4bool** activeFlag)
G4bool	**isActive** () const
G4String	**GetName** () const
G4String	**GetPathName** () const
G4String	**GetFullPathName** () const
G4VReadOutGeometry *	**GetROgeometry** () const
G4VSDFilter *	**GetFilter** () const

Protected Member Functions

virtual **G4bool**	**ProcessHits** (**G4Step** *aStep, **G4TouchableHistory** *ROhist)=0
virtual **G4int**	**GetCollectionID** (**G4int** i)

Создается класс-наследник класса G4VSensitiveDetector

Описываются обязательные методы:

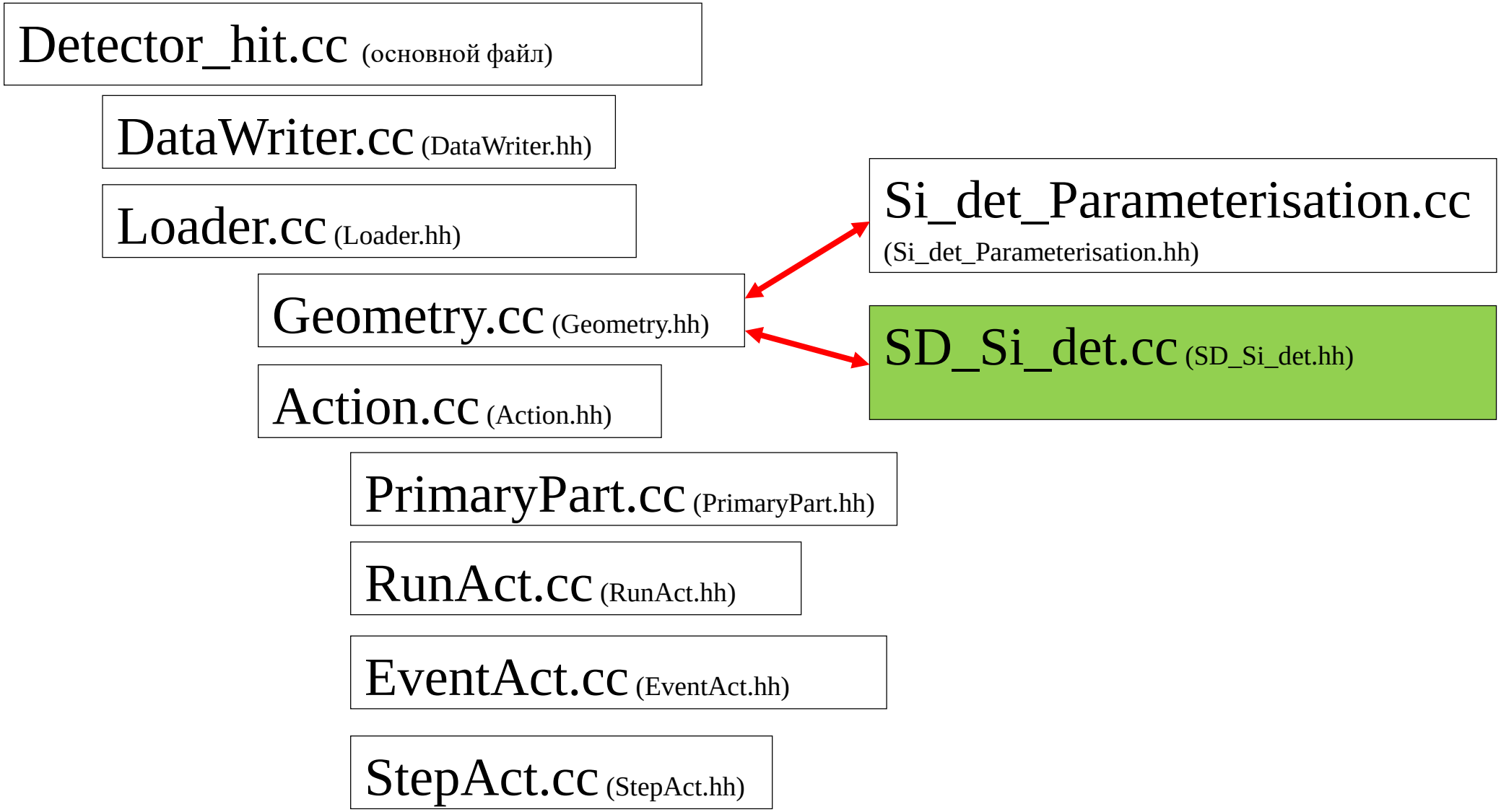
- **Initialize**() вызывается в начале каждого события

- **ProcessHits**() вызывается на каждом шаге в детектирующем объеме.
  Позволяет получить информацию о характеристиках частицы в данной точке, о взаимодействии с веществом, и смоделировать срабатывание детектора.

- **EndOfEvent**() вызывается в конце события.
  Позволяет провести отбор срабатываний, и сохранить результаты.

Создание детектирующих объёмов

проект Detector_hit



Создание детектирующих объёмов

Geometry.cc

```
G4SDManager* sdman = G4SDManager::GetSDMpointer();
SD_Si_det* sensitive_Si_det = new SD_Si_det("/mySi_det");
sdman->AddNewDetector(sensitive_Si_det);
Si_det_log->SetSensitiveDetector(sensitive_Si_det);
```

Инициализируется объект класса G4SDManager

Создание экземпляра класса для детектирующего объёма, нужно задать имя

Объект, описывающий детектирующий объем, регистрируется в менеджере

Детектирующий объем ассоциируется с логическим объемом

Sd_Si_det.hh

```
class SD_Si_det : public G4VSensitiveDetector
{
 public:
  SD_Si_det(G4String SDname);
  ~SD_Si_det();
  G4bool ProcessHits(G4Step* astep,   G4TouchableHistory*);
  void EndOfEvent(G4HCofThisEvent* HCE);
  G4double GetSumE(G4int i) const  {return SumE[i];}
  void AddSumE(double e, G4int i) {SumE[i]+=e;}
 private:
  std::ofstream hit_SD_Si_det[10];
  G4double SumE[10];
};
```

информация о размещении физических объёмов

коллекция откликов или срабатываний для данного события (**ПОКА** не используем)

Создание детектирующих объёмов

Sd_Si_det.cc

```
G4bool SD_Si_det :: ProcessHits(G4Step* step, G4TouchableHistory*)
{
 if (step->GetPostStepPoint()->GetMaterial()==G4NistManager::Instance()->FindOrBuildMaterial("G4_Si"))
 {
  G4TouchableHandle touchable = step->GetPreStepPoint()->GetTouchableHandle();
  G4int copyNo   = touchable->GetVolume(0)->GetCopyNo();
  G4double edep  = 0.;
  edep           = step->GetTotalEnergyDeposit();
  this->AddSumE(edep,copyNo);
 }
 return true;
}
```

```
void SD_Si_det :: EndOfEvent(G4HCofThisEvent*)
{
  for (G4int i=0; i<10; i++)
  { hit_SD_Si_det[i] << std::setw(10) << SumE[i] << G4endl;}
    for (G4int i=0; i<10; i++)  {SumE[i]=0.;}
}
```

трек мюона в калориметре

Создание детектирующих объёмов