

1. SM\_2D: 如何设置 2D 模式

如何设置 2D 模式

版本 1.0.0

SM_2D 模式
简介:
如何设置 2D 模式
简介:
如何设置 S-模式 (GPU 模式)
简介:
如何设置 2D 模式 (GPU 模式)
如何设置:
如何设置 1% 的 2D 模式

Table 1: 如何设置 2D 模式

1.1. SM\_2D 模式是什么?

1.1.1. 如何设置: 如何设置 2D 模式

SM\_2D 模式是 2D 模式，它允许您在 2D 模式下运行您的应用程序。它允许您在 2D 模式下运行您的应用程序，它允许您在 2D 模式下运行您的应用程序。

1.1.2. 如何设置

如何设置 2D 模式 (GPU 模式) 如何设置 2D 模式 (GPU 模式) 如何设置 2D 模式 (GPU 模式)

- 如何设置 2D 模式 (GPU 模式)

“如何设置 (deterministic)”如何设置 2D 模式 (GPU 模式) 如何设置 2D 模式 (GPU 模式)

1.1.3. 如何设置: 如何设置 2D 模式

如何设置 2D 模式 (GPU 模式)

如何设置 2D 模式 (GPU 模式)

- 如何设置 2D 模式 (GPU 模式)
- 如何设置 2D 模式 (GPU 模式)

如何设置 2D 模式 (SM\_2D): 如何设置 2D 模式 (SM\_2D)

- 如何设置 2D 模式 (SM\_2D)
- 如何设置 2D 模式 (SM\_2D)

如何设置 2D 模式 (SM\_2D) 如何设置 2D 模式 (SM\_2D) 如何设置 2D 模式 (SM\_2D)

1.2. 环境

SM\_2D 架构的 GPU 通常具有高度优化的并行计算能力。在 GPU 上 (CUDA) 实现，通常比 CPU 实现快得多，尤其是在处理大规模数据时。在 GPU 上实现，通常比 CPU 实现快得多，尤其是在处理大规模数据时。

1.3. C++ 实现 (实现)

1.3.1. C++

1.3.1.1. “struct” 结构?

struct (结构) 是 C++ 中用于组织数据的一种方式。它允许你将相关的变量组合在一起，并赋予它们一个共同的名称。

例如: “Person” 结构可能包含以下成员:

- 姓名 (string)
- 年龄 (int)
- 性别 (bool)

在 GPU 上实现时，结构体通常用于存储需要并行处理的数据。

1.3.1.2. “GPU 加速” 实现?

GPU (图形处理器) 是专门用于并行计算的硬件。在 GPU 上实现通常比在 CPU 上实现快得多。

- GPU 加速通常用于大规模并行计算。
- CPU 加速通常用于小规模并行计算。
- 混合加速通常用于需要同时利用 CPU 和 GPU 的场景。

1.3.1.3. “线程” 实现?

CUDA 是一种并行计算架构，允许你在 GPU 上运行自定义代码。它通常用于加速大规模并行计算。

1.3.1.4. “相位空间(phase space)” 实现?

相位空间通常用于描述物理系统的状态。在 GPU 上实现时，通常用于模拟大规模粒子系统。

- 位置 (x, y, z) 坐标
- 速度 (v) 或动量 (p)
- 能量 (E) 或其他物理属性

1.3.2. 性能指标

架构	SM_2D
语言	C++17 with CUDA
线程数	15,000
GPU 加速	是 4.3 GB
内存	系统内存 1% 以上, GPU 内存 15% 以上
显卡	RTX 2080+ (Compute Capability 7.5+)

Table 2: 性能指标

1.3.3. 实现

Contents

1. SM_2D: 如何 使用 2D 内核 .....	1
1.1. SM_2D 如何 使用? .....	1
1.1.1. 如何 使用: 2D 内核 .....	1
1.1.2. 如何 使用 .....	1
1.1.3. 如何 使用: 2D “内核” .....	1
1.2. 如何 .....	2
1.3. C++ 如何 使用 (如何 使用 2D) .....	2
1.3.1. 如何 C++ .....	2
1.3.1.1. “struct” 如何 使用? .....	2
1.3.1.2. “GPU 如何 使用” 如何 使用? .....	2
1.3.1.3. “如何 使用” 如何 使用? .....	2
1.3.1.4. “如何 使用(phase space)” 如何 使用? .....	2
1.3.2. 如何 使用 .....	2
1.3.3. 如何 .....	2
1.4. 如何 使用 .....	4
1.4.1. SM_2D 如何 使用 .....	4
1.4.2. 如何 使用 .....	4
1.4.3. 如何 使用 .....	4
1.4.4. 如何 使用: 如何 使用 2D .....	4
1.5. 如何 使用 .....	4
1.5.1. CUDA 如何 使用 .....	4
1.5.2. 如何 使用: 如何 使用 2D .....	5
1.5.3. 如何 使用 .....	5
1.5.4. 如何 使用 .....	6
1.6. 如何 使用 .....	6
1.6.1. 如何 使用 .....	6
1.6.2. 如何 使用: “如何 使用” 如何 使用? .....	6
1.6.3. 如何(Bins) 如何 使用 .....	7
1.6.4. 如何 使用: 如何 使用 2D .....	8
1.6.5. 如何-如何 如何 使用 .....	8
1.6.6. 如何 使用: 如何-如何 如何 使用 .....	8
1.6.7. 如何 使用 .....	8
1.6.8. 如何 使用 .....	9
1.7. 如何 使用 .....	9
1.7.1. 如何 使用 (如何 使用) .....	9
1.7.2. 如何 使用: 如何 使用 .....	9
1.7.3. 如何 使用 (如何 使用) .....	10
1.7.4. 如何 使用: 如何 使用 .....	10
1.7.5. 如何 使用: 如何 使用 .....	10
1.7.6. 如何 .....	10
1.7.7. 如何 使用: 如何 使用 .....	10
1.7.8. 如何 使用 (R 如何 使用) .....	11
1.7.9. 如何 使用: 如何 使用 .....	11
1.8. 如何 使用 .....	11
1.8.1. 如何 使用 如何 使用 .....	12
1.9. 如何 使用 .....	12
1.9.1. 如何 使用 .....	13
1.10. 如何 使用 .....	13
1.10.1. 如何 使用: 如何 使用 .....	13
1.11. 如何 使用 .....	13
1.12. 如何 使用 .....	13

1.12.1. 目录结构	13
1.13. 编译选项	15

## 1.4. 目录结构

### 1.4.1. SM\_2D 目录结构?

SM\_2D 目录结构:

本目录包含 GPU 库 (CUDA) 相关的目录结构。S- 目录包含 MCS, MCS, 和 MCS) 的目录结构。

#### 1.4.2. 目录结构

目录: 目录结构。SM\_2D 目录结构。

目录: 目录结构 1% 目录结构。

目录: 目录结构 目录结构。

### 1.4.3. 目录结构

目录	目录
run_simulation.cpp	目录
sim.ini	目录
src/core/	目录 (目录, 目录, 目录)
src/physics/	目录 (MCS, 目录, 目录)
src/cuda/kernels/	CUDA 目录 (K1-K6 目录)
src/lut/	NIST 目录 目录-目录 目录
src/source/	目录 (目录, 目录)
src/boundary/	目录 目录 目录 目录
src/audit/	目录
src/validation/	目录
src/utils/	目录, 目录
tests/	目录 (GoogleTest)

Table 3: 目录结构

#### 1.4.4. 目录结构: 目录结构

src/core/: 目录 目录 - 目录 目录 src/physics/: 目录 目录 目录 目录 src/cuda/kernels/: 目录 目录 目录 GPU 目录 src/audit/: 目录 目录 - 目录 目录

目录 目录 目录 目录:

- core = 目录
- physics = 目录
- cuda/kernels = 目录
- audit = 目录

## 1.5. 目录结构

### 1.5.1. CUDA 目录结构

目录 6 目录 CUDA 目录 目录 目录。目录 目录 目录 目录:

阶段	策略	策略描述
1	K1	在 GPU 上运行所有策略 (在 CPU 上运行)
↓		
2	K2 + K3	策略: 在 GPU 上运行策略 <ul style="list-style-type: none"> <li>K2: 在 GPU 上运行策略</li> <li>K3: 在 GPU 上运行策略</li> </ul>
↓		
3	K4	策略: 在 GPU 上运行策略
↓		
4	K5	策略: 在 GPU 上运行策略
↓		
5	K6	策略: 在 GPU 上运行策略
∞		策略: 在 GPU 上运行策略

Table 4: CUDA 策略描述

### 1.5.2. 策略: 在 GPU 上运行策略?

**K2** (在 GPU 上运行策略) - 策略: 在 GPU 上运行策略。

**K3** (在 GPU 上运行策略) - 策略: 在 GPU 上运行策略。

在 GPU 上运行策略 3-5 次。

### 1.5.3. 策略

策略	策略
K1: ActiveMask	策略 (E < 10 MeV)
K2: CoarseTransport	策略 (E > 10 MeV)
K3: FineTransport	策略 (在 GPU 上运行)
K4: BucketTransfer	策略
K5: ConservationAudit	策略
K6: SwapBuffers	策略

Table 5: CUDA 策略描述

#### 1.5.4. 核子-核子碰撞 核子流

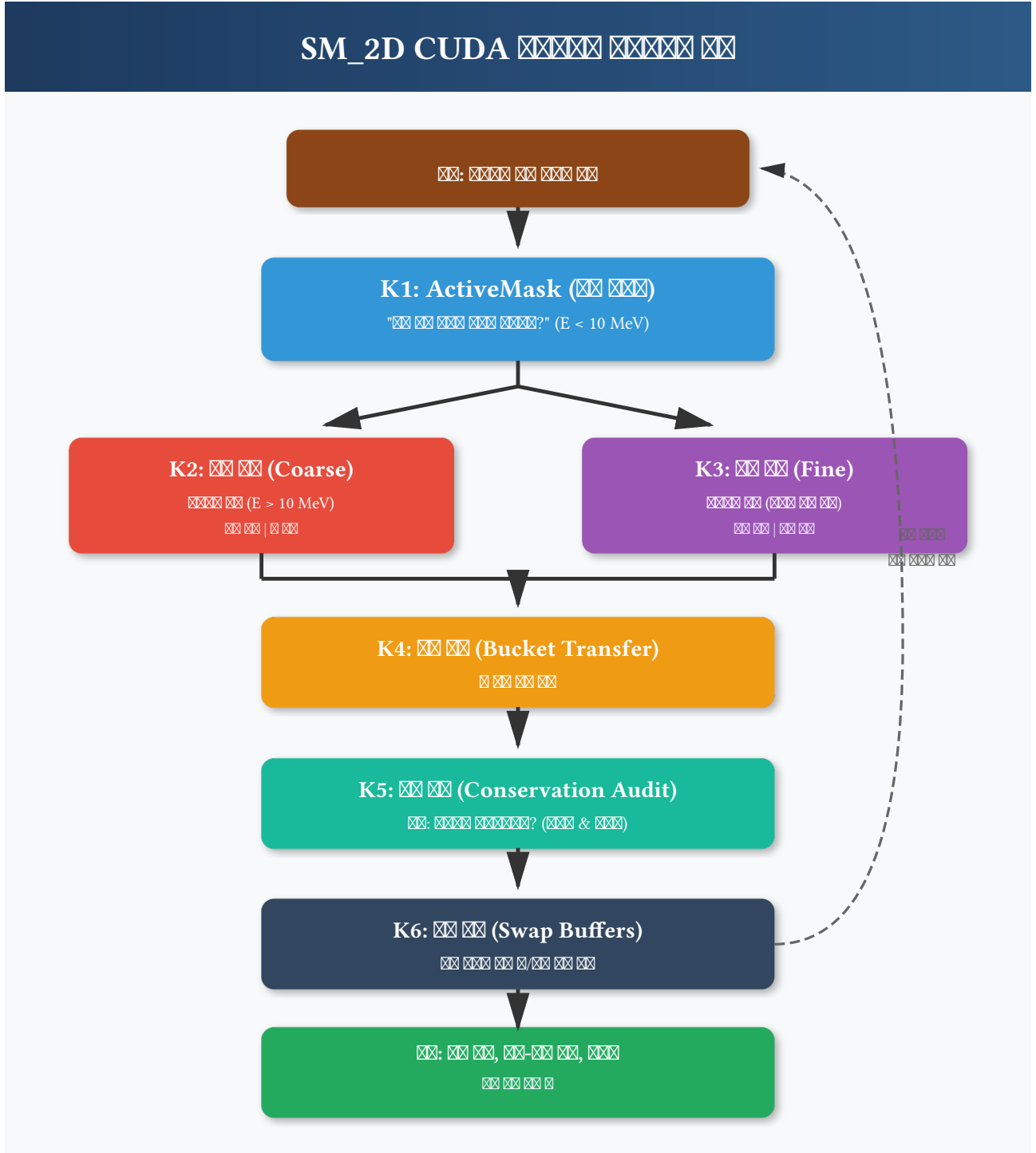


Figure 1: CUDA 核子-核子碰撞 核子流 - 核子-核子碰撞 核子流 核子流

### 1.6. 核子-核子碰撞

#### 1.6.1. 核子-核子碰撞

##### 1.6.2. 核子-核子碰撞: “核子-核子”核子-核子碰撞?

核子-核子碰撞 核子-核子碰撞 核子-核子碰撞 核子-核子碰撞 核子-核子碰撞. 核子-核子碰撞 核子-核子碰撞:

核子: 核子-核子碰撞 核子-核子碰撞? (x, z 核子) 核子: 核子-核子碰撞 核子-核子碰撞? (theta 核子) 核子: 核子-核子碰撞 核子-核子碰撞? (E)

核子-核子碰撞 核子-核子碰撞 “核子-核子”核子-核子碰撞 核子-核子碰撞 核子-核子碰撞 (bin)核子-核子碰撞.

4000 4000 4000 4000:

$\theta$ (deg)	$-90^{\circ}$ to $+90^{\circ}$ 512 bins - 4000 bins 4000 bins 4000 bins
$E$ (MeV)	0.1 to 250 MeV 256 bins (0.1 to 250) - 4000 bins 4000 bins 4000 bins
x_sub	4000 4000 4000 (4000 bins) - 4000 bins 4000
z_sub	4000 4000 4000 (4000 bins) - 4000 bins 4000

Table 6: 4000 4000 4000

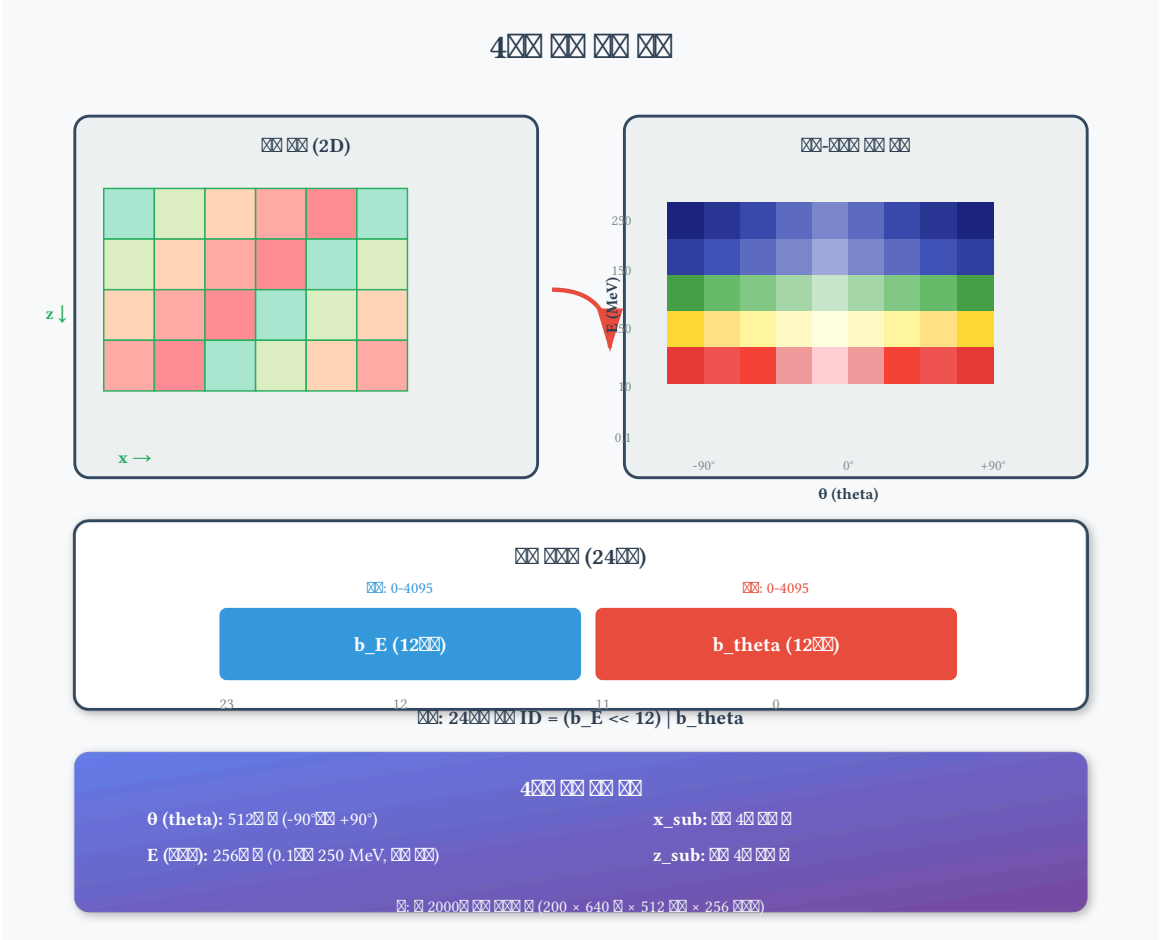


Figure 2: 4000 4000 4000 4000

1.6.3. Bins(Bins)

4000 4000 4000 4000:

Energy Bin	Energy Range
255	250 MeV - 256 MeV
200	200 MeV - 250 MeV
150	100 MeV - 200 MeV
100	50 MeV - 100 MeV
50	10 MeV - 50 MeV
20	1 MeV - 10 MeV
0	0.1 MeV - 1 MeV

Table 7: Energy Bins (Energy Bin, 0-256)

#### 1.6.4. Energy Bins: 0-256?

Energy Bin vs Energy Range:

Energy Bin: 0-256

- Energy: 0-256 MeV
- Energy: 0-1 MeV, 100-101 MeV, 100-101 MeV

Energy Bin: 0-256

- Energy: 0-1 MeV, 100-101 MeV, 100-101 MeV
- Energy: 0-1 MeV, 100-101 MeV, 100-101 MeV

Energy Bin: 0-256

#### 1.6.5. Energy Bins

```
// 24-bit ID = (b_E << 12) | b_theta
uint32_t block_id = encode_block(theta_bin, energy_bin);

// 16-bit local ID = (b_E << 4) | b_theta
uint16_t local_idx = encode_local_idx_4d(theta_local, E_local, x_sub, z_sub);
```

#### 1.6.6. Energy Bins: 0-256

(Dense) Energy: 0-256 MeV (Energy Bin) (Block-sparse): 0-256 MeV

Energy: 0-256 MeV

- Energy: 0-1 MeV, 100-101 MeV, 100-101 MeV
- Energy: 0-1 MeV, 100-101 MeV, 100-101 MeV

Energy: 70% 0-256 MeV

#### 1.6.7. Energy Bins

Energy Bin	Energy Range	Energy
E > 10 MeV	10 MeV (K2)	10 MeV, 100 MeV, 100 MeV
E <= 10 MeV	10 MeV (K3)	10 MeV, 100 MeV, 100 MeV

Table 8: Energy Bins






















































<p>  :    </p>
<p>  (0 mm) </p>
<p>   (E &gt; 10 MeV) </p>
<p>  → K2 ( )  -   </p>
<p>  →     </p>
<p>    (E ≤ 10 MeV) </p>
<p>  → K3 ( )  -   </p>
<p>  →       </p>
<p>  →    </p>
<p>   (150 MeV   30 cm) </p>





Table 9:   


### 1.6.8. :














    :

- :  
- :   ( )

   :

- :  
- :    

  (SM\_2D):









-    ( )
-    ( )
- :  !

## 1.7.

### 1.7.1. ()

$$\sigma_{\text{theta}} = \left( 13.6 \frac{\text{MeV}}{\beta c p} \right) \times \sqrt{\frac{x}{X_0}} \times \frac{\left[ 1 + 0.038 \times \ln\left(\frac{x}{X_0}\right) \right]}{\sqrt{2}}$$

### 1.7.2. : ?

        .

  :

















-     ( )   
-        

Figure 10: The 2D and 3D plots of the distribution of the number of particles in the system.

- The 2D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z).
- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).
- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

X<sub>0</sub> (mm): 360.8 mm - The 2D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

### 1.7.3. The 2D plot (X = Y = Z)

$\kappa = \frac{\xi}{T_{\max}}$  - The 2D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

$\kappa$ (mm)	X	Y
$\kappa > 10$	X (mm)	X = Y = Z - X = Y = Z
$0.01 < \kappa < 10$	X (mm)	X = Y = Z - X = Y = Z
$\kappa < 0.01$	X (mm)	X = Y = Z - X = Y = Z

Table 10: The 2D plot (X = Y = Z)

### 1.7.4. The 3D plot: The 3D plot (X = Y = Z)?

The 3D plot (straggling) shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).
- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

### 1.7.5. The 3D plot: The 3D plot (X = Y = Z)

$\kappa$  - The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

$\kappa$  ( $\kappa > 10$ ): The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).
- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).
- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

$\kappa$  ( $0.01 < \kappa < 10$ ): The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).
- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).
- SM\_2D shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

$\kappa$  ( $\kappa < 0.01$ ): The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).
- The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

### 1.7.6. The 3D plot

$$W \times \exp(-\sigma(E) \times ds)$$

### 1.7.7. The 3D plot: The 3D plot (X = Y = Z)

The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

The 3D plot shows the distribution of the number of particles in the system (X = Y = Z, X<sub>0</sub> = 360.8mm).

- 如何 如何 如何 如何 (如何)
  - 如何 如何 如何 (如何 如何)
  - 如何 如何 如何 如何
- 如何 如何 如何: “如何 如何 如何 如何 如何?”

如何 如何 ICRU 63.

1.7.8. 如何 如何 (R 如何)

$$ds = \min(0.02 \times R, 1 \text{ mm}, \text{cell\_size})$$

如何 如何 如何 如何 如何 如何-LUT 如何.

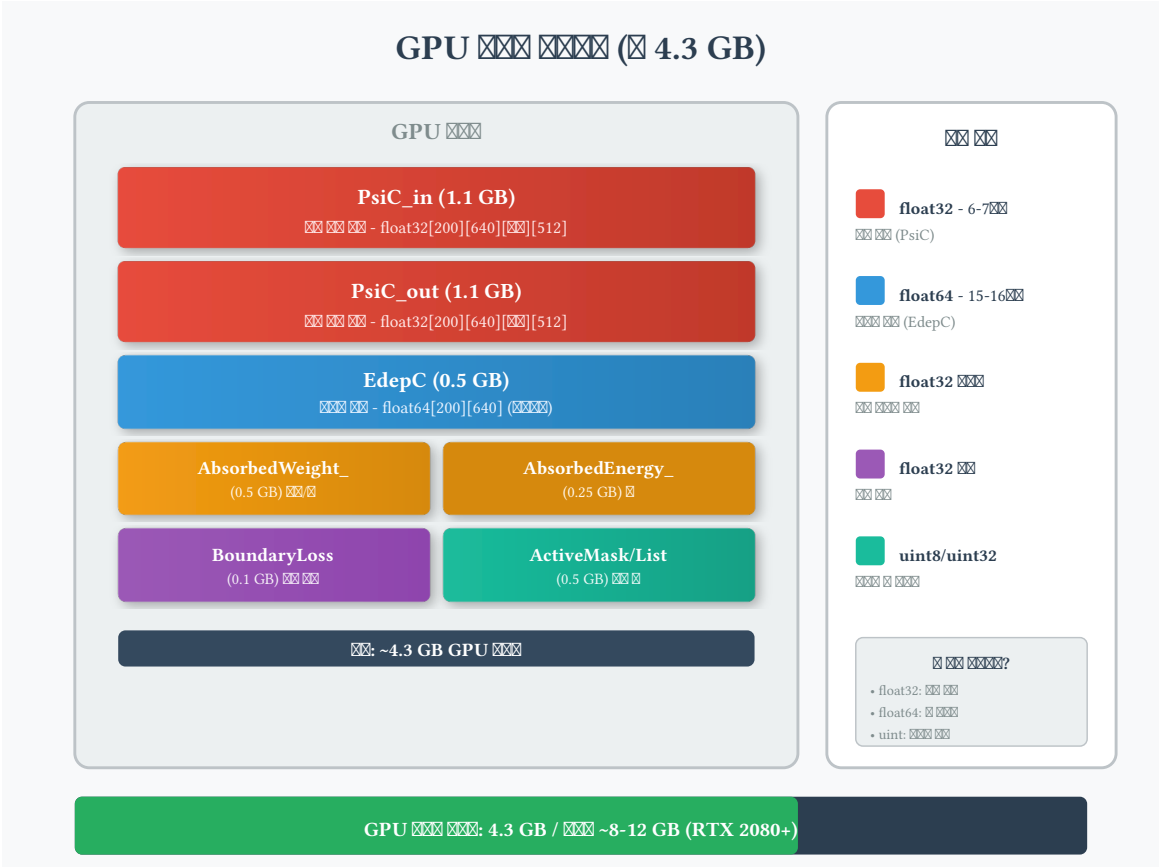
- 1.7.9. 如何 如何: 如何 如何
- 如何 如何 如何 如何 “如何” 如何. 如何 如何 如何 如何 如何 如何.
- 如何 如何: 如何 如何 如何 如何: 如何 如何
- 如何: 如何 如何 如何 (如何 如何 如何 如何 如何) 如何
- 如何 (如何 如何): 如何 如何
  - 如何 (如何 如何): 如何 如何
  - 如何 如何 如何 如何!

1.8. 如何 如何

如何	如何	如何
PsiC_in/out	如何 1.1 GB	如何 如何 如何 - 如何 如何 如何 如何
EdepC	0.5 GB	如何 如何 - 如何 如何 如何
AbsorbedWeight	0.5 GB	如何/如何 如何 - 如何 如何
AbsorbedEnergy	0.25 GB	如何 如何 如何 - 如何 如何
BoundaryLoss	0.1 GB	如何 如何 - 如何 如何 如何 如何 如何
ActiveMask/List	0.5 GB	如何 如何 如何 - 如何

Table 11: GPU 如何 如何

如何: 4.3 GB GPU 如何



1.9.1. 测试用例: 测试用例

测试用例 测试用例 测试用例:

测试用例  $\pm 2\%$ :

- 测试用例 2% 测试用例 测试用例
- 2% 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例
- SM\_2D  $< 1\%$  测试用例 测试用例!

测试用例  $< 10^{-6}$ :

- 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例
- 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例
- SM\_2D 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例!

1.10. 测试用例

测试用例	测试用例	测试用例
EnergyGrid	core	测试用例 测试用例 - 测试用例 256 测试用例 测试用例
AngularGrid	core	测试用例 测试用例 - 测试用例 512 测试用例 测试用例
PsiC	core	测试用例 测试用例 测试用例 - 测试用例 测试用例
RLUT	lut	测试用例-测试用例 测试用例 - 测试用例 测试用例 测试用例
PencilSource	source	测试用例 测试用例 - 测试用例 测试用例
GaussianSource	source	测试用例 测试用例 - 测试用例 测试用例
GlobalAudit	audit	测试用例 测试用例 - 测试用例 测试用例
BraggPeakResult	validation	测试用例 测试用例 - 测试用例 测试用例

Table 13: 测试用例 测试用例

1.10.1. 测试用例: 测试用例 测试用例?

测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例.

测试用例: 测试用例 测试用例

- 测试用例 = 测试用例 (测试用例)
- 测试用例 = 测试用例 (测试用例 测试用例)

测试用例: EnergyGrid 测试用例

- 测试用例: 256 测试用例 测试用例
- 测试用例: 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例
- 测试用例: 测试用例 测试用例 测试用例

1.11. 测试用例

测试用例 测试用例 - 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 - 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 - 测试用例 测试用例 测试用例 测试用例 CUDA 测试用例 - 测试用例 测试用例 API 测试用例 - 测试用例 测试用例

1.12. 测试用例

1.12.1. 测试用例 测试用例

=

### **布拉格峰 (Bragg Peak)**

- 布拉格峰是重离子剂量分布中，在射程末端附近出现的剂量急剧上升的峰。它标志着离子在穿过物质时，其能量损失率（阻止本领）达到最大值。

=

### **CSDA 射程 (CSDA Range)**

- “完全阻止本领” - 重离子在物质中穿行直至完全停止所经过的总路程。

=

### **确定性 (Deterministic)**

- 确定性模型（蒙特卡罗模拟）通过追踪大量粒子的运动来模拟剂量分布。

=

### **相空间 (Phase Space)**

- 相空间描述了粒子的位置（空间坐标）和动量（速度/能量）。

=

### **串列 (Straggling)**

- 串列是指粒子在穿过物质时，其能量损失率（阻止本领）在布拉格峰附近出现的统计涨落。

=

### **MCS**

- 蒙特卡罗模拟 - 通过追踪大量粒子的运动来模拟剂量分布。

=

### **LUT**

- 查找表 - 预先计算好的剂量分布数据，用于快速查询和插值。

=

### **核 (Kernel)**

- GPU 加速的蒙特卡罗模拟。

=

### **二值 (Bin)**

- 蒙特卡罗模拟中，将剂量分布划分为离散的二值（或称“bin”）。

=

### **衰减 (Attenuation)**

- 重离子在穿过物质时，其能量损失率（阻止本领）随深度增加而减小。

=

**σ<sub>cross</sub> (Cross-section)**

- σ<sub>cross</sub> = σ<sub>total</sub> - σ<sub>elastic</sub>

=

**σ<sub>penumbra</sub> (Penumbra)**

- σ<sub>penumbra</sub> = σ<sub>total</sub> - σ<sub>core</sub>

**1.13. References**

Source	Reference
NIST PSTAR	NIST PSTAR 2003
PDG 2024	PDG 2024
ICRU 63	ICRU 63
Vavilov 1957	Vavilov 1957

Table 14: References

—

**SM\_2D** 2D 2D 2D 2D

MIT 2024 - 1.0.0